



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# TRABAJO FINAL DE GRADO

**TÍTULO:** SMART CITY POWER SYSTEM CONTROL

**AUTOR:** Andreé Rosales Santos, Edwin Gálvez Alhuay, Alejandro Salcedo García

**TITULACIÓN:** Grado en Ingeniería eléctrica

**DIRECTOR:** Sr. Josep Font i Mateu

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería Eléctrica

**FECHA:** Julio 2015

001001

**TÍTULO:** SMART CITY POWER SYSTEM CONTROL

**APELLIDOS:** Gálvez Alhuay

**NOMBRE:** Andreé

**PLAN:** 09

**APELLIDOS:** Rosales Santos

**NOMBRE:** Edwin

**PLAN:** 09

**APELLIDOS:** Salcedo García

**NOMBRE:** Alejandro

**PLAN:** 09

**TITULACIÓN:** Grado en Ingeniería Eléctrica

**DIRECTOR:** Sr. Josep Font i Mateu

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería Eléctrica

**CALIFICACIÓN DEL PFC**

**TRIBUNAL**

**PRESIDENTE**

**SECRETARIO**

**VOCAL**

Ferrer Bardem, Enric

Sánchez López, José Antonio

Roset Calzada, M.Lourdes

**FECHA DE LECTURA:** 10/07/2015

Este proyecto tiene aspectos medioambientales: ☒ Sí ☐ No

## TRABAJO FINAL DE GRDO

### RESUMEN (máximo 50 líneas)

El proyecto se basa en el estudio de 3 ámbitos de una Smart City. Por un lado encontramos energético y solución energética, por otro lado el estudio lumínico de la ciudad con una propuesta de iluminación inteligente y finalmente una propuesta de parking público reservable.

Por la parte del estudio energético se realizó un estudio sobre la carga eléctrica y térmica de toda la ciudad. Una vez sabido la carga de potencia tanto eléctrica como térmica se realizó la solución energética. Nuestra solución final es la cogeneración, por lo tanto, realizamos los cálculos pertinentes sobre la cantidad de módulos necesarios para suplir la demanda de la ciudad y para que sea viable. El siguiente estudio realizado es el lumínico, la solución a este estudio es el control progresivo de la intensidad del alumbrado público conforme el usuario fuese transcurriendo por el foco de la luminaria. Por último encontramos la propuesta de parking reservable, está pensado para mejorar el confort y la contaminación que provoca el buscar aparcamiento en la vía pública. Por lo tanto, se ha elaborado un programa que permite al usuario reservar su plaza de parking de una forma sencilla y que el sistema se comunique con el usuario mediante SMS.

Finalmente después de haber realizado todos los estudios se ha conseguido por una parte demostrar que la cogeneración es la solución energética idónea, ya que produce electricidad y calor para la Smart City. Por otra parte hemos conseguido que la luminaria pública aumente y disminuya su intensidad conforme el usuario se vaya acercando y alejando de la luminaria, provocando un ahorro energético. Finalmente por parte de la propuesta de parking reservable se consiguió que para un parking demostrativo de 8 plazas, el usuario se pueda registrar en un sistema, reserve su plaza y el sistema se comunique con el mediante SMS para avisarle de que retire el coche antes de que exceda el tiempo máximo y para que se comunique con el sistema para penalizar en caso de que el usuario no lo retire.

Palabras clave (máximo 10):

Smart City	Estudio energético	Dialux	Cogeneración
Iluminación inteligente	PLC	Arduino	Omron
Parking reservable	Electrónica de potencia		

## Resumen

El proyecto se basa en el estudio de 3 ámbitos de una Smart City. Por un lado encontramos energético y solución energética, por otro lado el estudio lumínico de la ciudad con una propuesta de iluminación inteligente y finalmente una propuesta de parking público reservable.

Por la parte del estudio energético se realizó un estudio sobre la carga eléctrica y térmica de toda la ciudad. Una vez sabido la carga de potencia tanto eléctrica como térmica se realizó la solución energética. Nuestra solución final es la cogeneración, por lo tanto, realizamos los cálculos pertinentes sobre la cantidad de módulos necesarios para suplir la demanda de la ciudad y para que sea viable. El siguiente estudio realizado es el lumínico, la solución a este estudio es el control progresivo de la intensidad del alumbrado público conforme el usuario fuese transcurriendo por el foco de la luminaria. Por último encontramos la propuesta de parking reservable, está pensado para mejorar el confort y la contaminación que provoca el buscar aparcamiento en la vía pública. Por lo tanto, se ha elaborado un programa que permite al usuario reservar su plaza de parking de una forma sencilla y que el sistema se comunique con el usuario mediante SMS.

Finalmente después de haber realizado todos los estudios se ha conseguido por una parte demostrar que la cogeneración es la solución energética idónea, ya que produce electricidad y calor para la Smart City. Por otra parte hemos conseguido que la luminaria pública aumente y disminuya su intensidad conforme el usuario se vaya acercando y alejando de la luminaria, provocando un ahorro energético. Finalmente por parte de la propuesta de parking reservable se consiguió que para un parking demostrativo de 8 plazas, el usuario se pueda registrar en un sistema, reserve su plaza y el sistema se comunique con el mediante SMS para avisarle de que retire el coche antes de que exceda el tiempo máximo y para que se comunique con el sistema para penalizar en caso de que el usuario no lo retire.

## Abstract

In the last ten years, there have been woven strategies of city directed to the future development of cities under the concepts of digital cities, innovative cities, sustainable cities, sustainable growth, etc.

Smart city is the umbrella in which all these concepts have been agglutinating from an integral Smart city is the term to agglutinate of complete form the initiatives orientated to improving the quality of life, the sustainability, the efficient management of the services, the innovation in materials, resources and models, using technology of intensive form. Smart city concerns all the services that lend in the city: mobility, production, and distribution of basic urban services (water, electricity, etc.), education, health, emergencies, and security, care of persons or customer services and particular emphasis on users.

## ÍNDICE

Resumen .....	0
Abstract .....	1
Índice de figuras .....	8
Índice de ecuaciones .....	11
Índice de tablas .....	11
Simbología.....	12
0. Introducción .....	14
0.1- Introducción del Proyecto .....	14
0.2- Objetivo del proyecto .....	14
0.3- Alcance del proyecto.....	15
1- Smart City.....	16
1.1- Concepto Smart City.....	16
1.2- Áreas Smart City.....	17
1.2.1- Movilidad Smart, logística y tecnología .....	17
1.2.2- Personas (Smart People) .....	18
1.2.3- Economía Smart para la competitividad.....	18
1.2.4- Urbanismo y Vivienda sostenible .....	19
1.2.5- Ecosistema: entorno sostenible, energías renovables y otros recursos.....	19
1.2.6- E-democracy, e-Government 2.0, Smart Government .....	20
1.3- Energía inteligente.....	20
1.3.1- Redes inteligentes (Smart Grids) .....	21
1.3.2- Edificios inteligentes (Smart buildings).....	22
1.4 Ejemplos de Smart City.....	23
1.4.1- Smart City Barcelona .....	23
1.4.2- Smart City Málaga.....	26
2. Proyecto de edificación “Mas Rabassa” .....	29
2.1- Vilafranca del penedès .....	29
2.2 Proyecto “Mas Rabassa” .....	29
2.2.1 Objetivo .....	30
2.2.2 Emplazamiento y situación .....	30

3- Proyectos de la Smart City “Mas Rabassa” .....	33
3.1- Generación distribuida .....	33
3.2- Telegestión de riego .....	34
3.3- Iluminación inteligente .....	35
3.4- Semáforos inteligentes .....	37
3.5- Vehículos eléctricos .....	39
3.6- Edificios inteligentes .....	40
4. Elaboración de la autogestión energética de la Smart City .....	42
4.1- Estudio de la Energía eléctrica de la Smart City .....	42
4.1.1- Criterios del estudio.....	42
4.1.2- Necesidad energética de una vivienda tipo .....	48
4.1.3- Necesidad energética centro terciario tipo .....	49
4.1.4- Necesidad energética centro escolar tipo .....	50
4.1.5- Necesidad energética hotel tipo .....	52
4.1.6- Necesidad energética Laboratorio tipo.....	54
4.1.7- Necesidad energética Auditorio tipo.....	56
4.2- Estudio de la Energía Térmica de la Smart City .....	57
4.2.1- Criterios del estudio.....	58
4.2.2- Necesidad Servicios ACS totales .....	59
4.2.2.1 Demanda de ACS vivienda tipo .....	60
4.2.2.2 Demanda de ACS terciario tipo.....	63
4.2.2.3 Demanda de ACS hotel tipo.....	63
4.2.2.4 Demanda de ACS colegio tipo.....	63
4.2.2.5 Demanda de ACS laboratorio tipo .....	63
4.2.2.6 Demanda de ACS auditorio tipo.....	64
4.3- Necesidad Servicios calefacción totales .....	64
4.3.1- Necesidad calefacción vivienda tipo.....	64
4.3.2- Necesidad calefacción terciario tipo .....	66
4.3.3- Necesidad calefacción edificios tipo.....	67
4.4 Consumo total de ACS y calefacción .....	70
4.4.1 Calefacción.....	70
4.4.2 Agua caliente sanitaria (ACS).....	74
4.5- Potencia total necesaria.....	76



4.6 Dimensionamiento de los depósitos de agua.....	77
4.6.1 Depósito acumulador vivienda tipo.....	77
4.6.2 Depósito acumulación edificios destinado a viviendas .....	78
4.6.3 Depósito acumulación edificios tipos.....	78
4.6.4 Grupo de presión.....	78
4.6.5 Bomba de calor en vivienda tipo.....	79
4.7 Cálculos efectuados.....	80
4.7.1 Consumo de ACS de los edificios tipo.....	80
4.7.1.1 Demanda de ACS vivienda tipo .....	81
4.7.1.2 Demanda de ACS terciario tipo.....	86
4.7.1.3 Demanda de ACS hotel tipo.....	88
4.7.1.4 Demanda de ACS colegio tipo .....	89
4.7.1.5 Demanda de ACS laboratorio tipo .....	91
4.7.1.6 Demanda de ACS auditorio tipo.....	93
4.7.2 Dimensionamiento de los depósitos de agua .....	94
4.7.2.1 Depósito acumulador vivienda tipo .....	94
4.7.2.2 Depósito de acumulación edificios destinado a viviendas.....	96
4.7.2.3 Depósito de acumulación edificios tipos .....	97
4.7.3 Grupo de presión.....	103
4.7.4 Aprovechamiento de terrados (placas solares) .....	103
5- Cogeneración .....	106
5.1 Qué es la cogeneración .....	107
5.2 Introducción a la propuesta “Mas Rabassa” .....	108
5.2.1- Justificación propuesta “Mas Rabassa” .....	108
5.2.2- Selección de la tecnología.....	108
5.2.2.1 Ventajas del módulo CHP .....	109
5.2.2.2 Descripción del sistema módulo CHP .....	109
5.2.2.3 Componentes módulo CHP .....	109
5.2.3- Demanda energética del “Mas Rabassa” .....	111
5.2.4 Bomba de calor geotérmica.....	112
5.2.4.1 Elección de la bomba de calor geotérmica .....	113
5.3 Localización del habitáculo para el sistema generador de energía.....	113
5.4 Esquema de funcionamiento del sistema generador de energía .....	116

5.5 Cálculos efectuados.....	118
5.5.1 Número de módulos CHP.....	119
5.5.1.2 Edificio de viviendas tipo.....	119
5.5.1.3 Edificios tipo.....	125
5.5.2 Calor aportado al sistema por las bombas de calor geotérmicas .....	129
5.5.2.1 Edificios destinados a viviendas .....	129
5.5.2.2 Edificios tipo.....	131
6- Iluminación Inteligente (Smart lighting).....	133
6.1- Sistemas de iluminación inteligente actuales.....	133
6.1.1 Tecnología Dali (digital addressable lighting interface) .....	134
7- Propuesta de iluminación exterior inteligente “Mas Rabassa” .....	136
7.1- Objetivo.....	136
7.2- Normativa y consideraciones .....	136
7.3- Idea de funcionamiento.....	137
7.3.1- Prototipo experimental.....	137
7.3.2- Materiales utilizados.....	137
7.3.2.1- Luminaria (Citea Led) de 24 leds.....	138
7.3.2.2- Fuente de alimentación (Marca LG) .....	139
7.3.2.3- Dispositivo de protección contra sobretensiones (PHILIPS).....	139
7.3.2.4- Transistor de potencia (TIP 141 80V 15A).....	140
7.3.2.5- Condensador 1 nF. ....	141
7.3.2.6- Resistencias: 2KΩ .....	142
7.3.2.7- Placa de control (Arduino Uno).....	142
7.3.2.8- Sensor de moviendo tipo PIR (infrarrojos) .....	143
7.3.2.9- Sensor de lux. (Analógico para Arduino) .....	144
7.4- Control y gestión de la propuesta .....	145
7.4.1- Arduino Uno .....	145
7.4.1.1- Concepto Arduino .....	145
7.4.1.1- Hardware .....	145
7.4.1.2- Software.....	147
7.4.1.3- Ventajas.....	148
7.5- Propuesta de programa (control de flujo luminoso): .....	149
7.5.1- Ejemplo de la programación.....	150

7.5.1.1- Aplicación de la biblioteca: timer.one.h:	150
7.5.1.2- Introducción de las variables	150
7.5.1.3- Función void setup:	151
7.5.1.4- Función void unseg ()	151
7.5.1.5- Función void loop ()	152
7.6- Funcionamiento del prototipo:	152
7.6.1- Esquema eléctrico del prototipo	153
7.6.2- Importancia del transistor TIP 141 NPN	154
7.7- Propuesta de funcionamiento a gran escala	155
8- Modelo Parking Reservable	156
8.1- Objetivo	156
8.2- Idea de funcionamiento	156
8.2.1- Relación de tiempos utilizados y reales del proyecto	156
8.2.2- Idea de funcionamiento	157
8.3- Elaboración de la propuesta del parking reservable	157
8.3.1- PLC	157
8.3.1.1- CJ2M CPU 32	158
8.3.1.2- Fuente de alimentación PA202	160
8.3.1.3- Tarjeta CP1W-CIF01	161
8.3.1.4- Módulo de entradas digitales ID201	162
8.3.1.5- Módulo de salidas digitales OD212	163
8.3.1.6- Fuente alimentación MURR	164
8.3.1.7- Módulo GSM GD-01	165
8.3.2- Pantalla HMI	167
8.3.3- Programa CX-Programmer	168
8.3.3.1- Programa General de Reserva plaza	168
8.3.3.2- Programa Registro sistema	171
8.3.3.2- Programa Envío SMS	178
8.3.3.3- Programa Envío Penalización Económica	185
8.3.4- Programa NB Designer	188
8.3.4.0- Pantalla Presentación	189
8.3.4.1- Pantalla Inicial	191
8.3.4.2- Pantalla Nuevo usuario	192

8.3.4.3-Pantalla Registro Sistema.....	195
8.3.4.4-Pantalla Parking.....	197
8.3.4.5-Pantalla Usuario registrado Plaza X. ....	200
8.3.4.6-Pantalla Idioma .....	202
8.3.5- Proceso para realizarlo vía móvil .....	204
8.4- Ejemplo de aplicación .....	206
8.5- Idea a gran escala .....	214
8.5.1- Variación del programa con tiempos Reales .....	214
8.5.2- Diseño de la interface.....	217
8.5.3- Registro en el sistema .....	218
8.5.4- Comunicación con los usuarios.....	218
8.5.5- Propuestas de mejora .....	219
9- Presupuesto .....	220
9- Viabilidad económica.....	221
10- Normativa .....	224
11- Conclusiones .....	224
12- Bibliografía .....	225
13- Agradecimientos.....	227
ANEXOS.....	227

## Índice de figuras

FIGURA 1. RESUMEN DE LAS TECNOLOGÍAS DE UNA SMART CITY. FUENTE: ANTEVERTI.....	16
FIGURA 2. PROCESO DE EVOLUCIÓN TEMPORAL HACIA LAS REDES INTELIGENTES. FUENTE: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY .....	21
FIGURA 3. MODELO SMART CITY BARCELONA. FUENTE: EL MUNDO .....	24
FIGURA 4. ILUSTRACIÓN SMART CITY MÁLAGA. FUENTE: ENDESA .....	27
FIGURA 5. EMPLAZAMIENTO VILAFRANCA DEL PENEDES. FUENTE: DATOS DEL MAPA C2015 GOOGLE. INST. GEOGR. NACIONAL .....	30
FIGURA 6. SITUACIÓN PROYECTO "MAS RABASSA". FUENTE: WWW.VILAFRANCA.ORG/HTML/INFOIACTUALITAT/MAS_RABASSA.HTML.....	31
FIGURA 7. PROYECTO "MAS RABASSA". FUENTE: WWW.VILAFRANCA.ORG/HTML/INFOIACTUALITAT/MAS_RABASSA.HTML.....	32
FIGURA 8. ESQUEMA GENERACIÓN DISTRIBUIDA. FUENTE: AULAGREENCITIES.COAMALAGA.ES ..	33
FIGURA 9. TELEGESTIÓN DEL RIEGO. FUENTE: WWW.SMARTCITY.BCN.CAT .....	34
FIGURA 10. ILUMINACIÓN INTELIGENTE. FUENTE: WWW.LEDIAGROUP.COM .....	36
FIGURA 11. SEMÁFORO INTELIGENTE CON SENSORES. FUENTE: WWW.NOTICIEROENFOQUE.COM .....	37
FIGURA 12. VEHÍCULO ELÉCTRICO EN UNA ESTACIÓN DE CARGA. FUENTE: WWW.REPUBLICA.COM .....	39
FIGURA 13. EDIFICIO VERDE. FUENTE: ENDESA .....	40
FIGURA 14. EVOLUCIÓN DIARIA DE LA DEMANDA TÉRMICA DE LA VIVIENDA.....	65
FIGURA 15. EVOLUCIÓN DIARIA DE LA DEMANDA TÉRMICA DEL TERCIARIO TIPO .....	66
FIGURA 16. EVOLUCIÓN DIARIA DE LA DEMANDA TÉRMICA DEL HOTEL.....	68
FIGURA 17. EVOLUCIÓN DIARIA DE LA DEMANDA TÉRMICA DEL LABORATORIO .....	68
FIGURA 18. EVOLUCIÓN DIARIA DE LA DEMANDA TÉRMICA DEL COLEGIO.....	69
FIGURA 19. EVOLUCIÓN DIARIA DE LA DEMANDA TÉRMICA DEL AUDITORIO .....	70
FIGURA 20. EVOLUCIÓN ANUAL DEL CONSUMO DE ACS Y CALEFACCIÓN DE LOS EDIFICIOS TIPO	76
FIGURA 21. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ANUAL DE ACS VIVIENDA TIPO .....	85
FIGURA 22. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ANUAL DE ACS TERCIARIO TIPO .....	87
FIGURA 23. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ANUAL DE ACS HOTEL.....	89
FIGURA 24. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ANUAL DE ACS COLEGIO .....	90
FIGURA 25. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ANUAL DE ACS LABORATORIO .....	92
FIGURA 26. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ANUAL DE ACS AUDITORIO .....	94
FIGURA 27. EJEMPLO SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	104
FIGURA 28. SISTEMA DE UTILIZACIÓN PLACA FOTOVOLTAICA .....	105
FIGURA 29. IDEA DE FUNCIONAMIENTO DE LA COGENERACIÓN.....	106
FIGURA 30. DISEÑO INTERIOR DEL MÓDULO CHP. FUENTE: CATÁLOGO BOSCH .....	110
FIGURA 31. FUNCIONAMIENTO DEL ESCAPE DEL MÓDULO CHP .....	112
FIGURA 32. LOCALIZACIÓN DE LOS HABITÁCULOS DEL SISTEMA GENERADOR. FUENTE: WWW.VILAFRANCA.ORG/HTML/INFOIACTUALITAT/MAS_RABASSA.HTML.....	114
FIGURA 33. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GENERADOR.....	117
FIGURA 34. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO INTERIOR DEL SISTEMA GENERADOR .....	118
FIGURA 35. LOGOTIPO TECNOLOGÍA DALI .....	133
FIGURA 36. CONEXIONADO SISTEMA DALI.....	135
FIGURA 37. LUMINARIA LED MODELO CITEA, MARCA SCHRÉDER .....	138
FIGURA 38. ALOJAMIENTO FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	139
FIGURA 39. DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN SOBRETENSIONES.....	140
FIGURA 40. TRANSISTOR TIP 141. NPN .....	140
FIGURA 41. ESQUEMA INTERNO TRANSISTOR TIP 141 .....	141
FIGURA 42. CONDENSADOR 1 NF .....	141

FIGURA 43. RESISTENCIA 2 KΩ .....	142
FIGURA 44. PLACA CONTROL ARDUINO UNO .....	142
FIGURA 45. SENSOR DE PRESENCIA PIR (INFRARROJO).....	143
FIGURA 46. ELECTRÓNICA SENSOR PIR.....	143
FIGURA 47. SENSOR DE LUX.....	144
FIGURA 48. EJEMPLO DE VENTANA DE PROGRAMA.....	148
FIGURA 49. VISTA EN VENTANA DEL TIMERONE.H .....	150
FIGURA 50. VISTA EN VENTANA DE LAS VARIABLES UTILIZADAS .....	150
FIGURA 51. FUNCIÓN VOID SETUP .....	151
FIGURA 52. FUNCIÓN VOID UNSEG () .....	151
FIGURA 53. FUNCIÓN VOID LOOP .....	152
FIGURA 54. ESQUEMA ELÉCTRICO PROTOTIPO .....	153
FIGURA 55. DIAGRAMA TRANSISTOR NPN.....	154
FIGURA 56. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ARDUINO ETHERNET SHIELD.....	155
FIGURA 57. CPU PLC CJ2M. FUENTE: WWW.INDUSTRIAL.OMRON.ES.....	158
FIGURA 58. FUENTE ALIMENTACIÓN PA202. FUENTE: WWW.DIGIKEY.COM.....	160
FIGURA 59. TARJETA DE COMUNICACIONES PLC. FUENTE: WWW.OMRON.COM.....	161
FIGURA 60. MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES DEL PLC. FUENTE: WWW.OMRON.COM.....	162
FIGURA 61. MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES DEL PLC. FUENTE: WWW.OMRON.COM.....	163
FIGURA 62. FUENTE DE ALIMENTACIÓN MURR 24 DC. FUENTE: WWW.SHOP.MURRELEKTRONIK.ES/ .....	164
FIGURA 63. MÓDULO GSM DE WESTERMO. FUENTE: WWW.WESTERMO.COM.....	165
FIGURA 64. ESQUEMA GSM DE WESTERMO. FUENTE: WWW.WESTERMO.COM .....	167
FIGURA 65. PANTALLA HMI OMRON. FUENTE: WWW.OMRON.COM.....	167
FIGURA 66. FRAGMENTO 1 PROGRAMA DE RESERVA PLAZA. ....	169
FIGURA 67. FRAGMENTO 1 PROGRAMA DE RESERVA PLAZA EN BLOQUE DE FUNCIÓN.....	170
FIGURA 68. MEMORIA H DEL PLC (1) .....	171
FIGURA 69. MEMORIA H DEL PLC (2) .....	172
FIGURA 70. MEMORIA D DEL PLC (1) .....	172
FIGURA 71. MEMORIA D DEL PLC (2) .....	173
FIGURA 72. FRAGMENTO 1 PROGRAMA REGISTRO SISTEMA. ....	173
FIGURA 73. FRAGMENTO 2 PROGRAMA REGISTRO SISTEMA .....	174
FIGURA 74.FRAGMENTO 3 PROGRAMA REGISTRO SISTEMA .....	175
FIGURA 75.FRAGMENTO 4 PROGRAMA REGISTRO SISTEMA .....	175
FIGURA 76.FRAGMENTO 5 PROGRAMA REGISTRO SISTEMA .....	176
FIGURA 77.FRAGMENTO 6 PROGRAMA REGISTRO SISTEMA .....	176
FIGURA 78.FRAGMENTO 7 PROGRAMA REGISTRO SISTEMA .....	177
FIGURA 79. FRAGMENTO 8 PROGRAMA REGISTRO SISTEMA .....	178
FIGURA 80. FRAGMENTO 1 PROGRAMA ENVÍO SMS .....	179
FIGURA 81. FRAGMENTO 2 PROGRAMA ENVÍO SMS .....	180
FIGURA 82. INSTRUCCIÓN MOVD. FUENTE: MANUAL DE REFERENCIA DE INSTRUCCIONES DE OMRON .....	182
FIGURA 83. INSTRUCCIÓN MOVD. FUENTE: MANUAL DE REFERENCIA DE INSTRUCCIONES DE OMRON .....	182
FIGURA 84. FRAGMENTO 3 PROGRAMA ENVÍO SMS .....	183
FIGURA 85. FRAGMENTO 4 PROGRAMA ENVÍO SMS .....	184
FIGURA 86. FRAGMENTO 5 PROGRAMA ENVÍO SMS .....	184
FIGURA 87. FRAGMENTO 6 PROGRAMA ENVÍO SMS .....	185
FIGURA 88. FRAGMENTO 1 PROGRAMA ENVÍO PENALIZACIÓN ECONÓMICA .....	186
FIGURA 89. FRAGMENTO 2 PROGRAMA ENVÍO PENALIZACIÓN ECONÓMICA .....	187
FIGURA 90. FRAGMENTO 3 PROGRAMA ENVÍO PENALIZACIÓN ECONÓMICA .....	187
FIGURA 91. FRAGMENTO 1 PROGRAMA NB DESIGNER.....	188

FIGURA 92. FRAGMENTO 2 PROGRAMA NB DESIGNER.....	188
FIGURA 93. FRAGMENTO 3 PROGRAMA NB DESIGNER.....	189
FIGURA 94. CONFIGURACIÓN TECLA FUNCIÓN NB DESIGNER.....	190
FIGURA 95. CONFIGURACIÓN TECLA CONMUTADOR DE BIT NB DESIGNER.....	191
FIGURA 96. FRAGMENTO 4 PROGRAMA NB DESIGNER.....	191
FIGURA 97. FRAGMENTO 5 PROGRAMA NB DESIGNER.....	192
FIGURA 98. CONFIGURACIÓN TECLA CONMUTACIÓN DE BIT NB DESIGNER.....	193
FIGURA 99. CONFIGURACIÓN ENTRADA TEXTO DE BIT NB DESIGNER.....	194
FIGURA 100. FRAGMENTO 6 PROGRAMA NB DESIGNER.....	195
FIGURA 101. CONFIGURACIÓN SALIDA TEXTO DE BIT NB DESIGNER.....	196
FIGURA 102.FRAGMENTO 7 PROGRAMA NB DESIGNER.....	196
FIGURA 103. FRAGMENTO 8 PROGRAMA NB DESIGNER.....	197
FIGURA 104. CONFIGURACIÓN TECLA INDICADOR DE BIT DE BIT NB DESIGNER.....	198
FIGURA 105. FRAGMENTO 9 PROGRAMA NB DESIGNER.....	198
FIGURA 106. CONFIGURACIÓN TECLA INDICADOR DE BIT DE BIT NB DESIGNER.....	199
FIGURA 107. FRAGMENTO 10 PROGRAMA NB DESIGNER.....	199
FIGURA 108. FRAGMENTO 11 PROGRAMA NB DESIGNER.....	200
FIGURA 109. FRAGMENTO 12 PROGRAMA NB DESIGNER.....	201
FIGURA 110. FRAGMENTO 13 PROGRAMA NB DESIGNER.....	202
FIGURA 111. BIBLIOTECA DE DATOS NB DESIGNER.....	202
FIGURA 112. CONFIGURACIÓN TECLA CONMUTADOR DE ESTADO MÚLTIPLE NB DESIGNER.....	203
FIGURA 113. CONFIGURACIÓN TECLA CONMUTADOR DE ESTADO MÚLTIPLE NB DESIGNER.....	203
FIGURA 114. FIGURA RESUMEN SOBRE CÓMO SE HA REALIZADO EL CONEXIONADO.....	204
FIGURA 115. PANTALLA DE REGISTRO OMRON.....	205
FIGURA 116. PANTALLA DE OPERACIÓN DE OMRON.....	205
FIGURA 117. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (1).....	206
FIGURA 118. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (2).....	207
FIGURA 119. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (3).....	207
FIGURA 120. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (4).....	208
FIGURA 121. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN PLC (1).....	208
FIGURA 122. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN PLC (2).....	209
FIGURA 123. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (5).....	209
FIGURA 124. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (6).....	210
FIGURA 125. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (7).....	210
FIGURA 126. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (8).....	211
FIGURA 127. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (9).....	211
FIGURA 128. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN PLC (3).....	212
FIGURA 129. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (10).....	212
FIGURA 130. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (11).....	213
FIGURA 131. EXPLICACIÓN DEL EJEMPLO DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA (12).....	214
FIGURA 132. INSTRUCCIÓN CADD DE CX PROGRAMMER. FUENTE: MANUAL DE REFERENCIA DE INSTRUCCIONES DE OMRON.....	215
FIGURA 133. FRAGMENTO 1 MUESTRA DE LA VARIACIÓN DEL PROGRAMA CON TIEMPO REAL....	216
FIGURA 134. EXPLICACIÓN CONFIGURACIÓN INSTRUCCIÓN CADD. FUENTE: MANUAL DE REFERENCIA DE INSTRUCCIONES DE OMRON.....	216
FIGURA 135. FRAGMENTO 2 MUESTRA DE LA VARIACIÓN DEL PROGRAMA CON TIEMPO REAL....	216
FIGURA 136. FRAGMENTO 3 MUESTRA DE LA VARIACIÓN DEL PROGRAMA CON TIEMPO REAL....	217
FIGURA 137. DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD SMART CITY "MAS RABASSA".....	217



## Índice de ecuaciones

ECUACIÓN 1. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS .....	59
ECUACIÓN 2. TRANSFERENCIA DE CALOR.....	94
ECUACIÓN 3. CORRIENTE DEL COLECTOR .....	154
ECUACIÓN 4. CORRIENTE DEL EMISOR.....	155

## Índice de tablas

TABLA 1. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO VIVIENDA TIPO .....	43
TABLA 2. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO ILUMINACIÓN COLEGIO .....	43
TABLA 3. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO RECEPTORES COLEGIO .....	44
TABLA 4. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO ILUMINACIÓN HOTEL .....	44
TABLA 5. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO RECEPTORES HOTEL .....	45
TABLA 6. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO ILUMINACIÓN LABORATORIO .....	45
TABLA 7. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO RECEPTORES LABORATORIO .....	46
TABLA 8. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO ILUMINACIÓN AUDITORIO .....	46
TABLA 9. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO RECEPTORES AUDITORIO .....	47
TABLA 10. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO ILUMINACIÓN TERCIARIO .....	47
TABLA 11. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO RECEPTORES TERCIARIO .....	47
TABLA 12. CIRCUITOS INTERIORES DE LA VIVIENDA TIPO .....	49
TABLA 13. CIRCUITOS INTERIORES DE ILUMINACIÓN TERCIARIO .....	50
TABLA 14. CIRCUITOS INTERIORES DE RECEPTORES TERCIARIO .....	50
TABLA 15. CIRCUITOS INTERIORES DE ILUMINACIÓN COLEGIO .....	51
TABLA 16. CIRCUITOS INTERIORES DE RECEPTORES COLEGIO .....	51
TABLA 17. CIRCUITOS INTERIORES DE ILUMINACIÓN HOTEL.....	53
TABLA 18. CIRCUITOS INTERIORES DE RECEPTORES HOTEL.....	54
TABLA 19. CIRCUITOS INTERIORES DE ILUMINACIÓN LABORATORIO .....	55
TABLA 20. CIRCUITOS INTERIORES DE RECEPTORES LABORATORIO .....	55
TABLA 21. CIRCUITOS INTERIORES DE ILUMINACIÓN AUDITORIO .....	56
TABLA 22. CIRCUITOS INTERIORES DE RECEPTORES AUDITORIO .....	57
TABLA 23. TEMPERATURA DEL AGUA DE RED ANUAL DE VILAFRANCA DEL Penedès.....	59
TABLA 24. DEMANDA DE REFERENCIA DE LITROS POR DÍA .....	60
TABLA 25. REFERENCIA DE PERSONAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE DORMITORIOS .....	60
TABLA 26. POTENCIA PREVISTA DE LA VIVIENDA TIPO.....	64
TABLA 27. POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO DE VIVIENDAS .....	65
TABLA 28. POTENCIA PREVISTA DEL TERCIARIO TIPO.....	66
TABLA 29. POTENCIA TOTAL DEL GRUPO DE EDIFICIOS DESTINADOS AL COMERCIO .....	66
TABLA 30. POTENCIA TOTAL DEL GRUPO DE EDIFICIOS TIPOS DE LA CIUDAD .....	67
TABLA 31. CONSUMO ANUAL DE CALEFACCIÓN VIVIENDAS .....	71
TABLA 32. CONSUMO ANUAL DE CALEFACCIÓN TERCIARIO TIPO .....	71
TABLA 33. CONSUMO ANUAL DE CALEFACCIÓN COLEGIO .....	72
TABLA 34. CONSUMO ANUAL DE CALEFACCIÓN HOTEL .....	73
TABLA 35. CONSUMO ANUAL DE CALEFACCIÓN LABORATORIO.....	73
TABLA 36. CONSUMO ANUAL DE CALEFACCIÓN AUDITORIO.....	74
TABLA 37. CONSUMO ANUAL DE ACS DE LOS EDIFICIOS TIPO DE LA CIUDAD .....	75
TABLA 38. CONSUMO ANUAL DE ACS Y CALEFACCIÓN DE LOS EDIFICIOS TIPO DE LA CIUDAD .....	75
TABLA 39. POTENCIA TOTAL ELÉCTRICA Y TÉRMICA DE LA SMART CITY .....	76
TABLA 40. CARACTERÍSTICAS DEPÓSITO ACUMULADOR DE AGUA .....	77
TABLA 41. CARACTERÍSTICAS BOMBA DE PRESIÓN.....	79
TABLA 42. CARACTERÍSTICAS BOMBA DE CALOR AIRE - AGUA .....	80
TABLA 43. CONSUMO DE AGUA ANUAL PARA LA DUCHA DE LA VIVIENDA TIPO.....	84



TABLA 44. CONSUMO DE AGUA ANUAL PARA LA EL LAVAVAJILLAS DE LA VIVIENDA TIPO .....	84
TABLA 45. CONSUMO DE AGUA ANUAL PARA LA LAVADORA DE LA VIVIENDA TIPO .....	84
TABLA 46. CONSUMO ANUAL DE ACS DE LA VIVIENDA TIPO .....	85
TABLA 47. CONSUMO ANUAL DE ACS DEL TERCARIO TIPO.....	87
TABLA 48. CONSUMO ANUAL DE ACS DEL HOTEL .....	88
TABLA 49. CONSUMO ANUAL DE ACS DEL COLEGIO .....	90
TABLA 50. CONSUMO ANUAL DE ACS DEL LABORATORIO.....	92
TABLA 51. CONSUMO ANUAL DE ACS DEL AUDITORIO.....	93
TABLA 52. CARACTERÍSTICAS MÓDULO CHP. FUENTE: CATÁLOGO BOSCH.....	111
TABLA 53. CARACTERÍSTICAS BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA. FUENTE: ECOFOREST.ES .....	113
TABLA 54. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS LUMINARIA LED .....	138
TABLA 55. CARACTERÍSTICAS FUENTE DE ALIMENTACIÓN LG .....	139
TABLA 56. RELACIÓN DE TIEMPOS REALES Y FICTICIOS.....	156
TABLA 57. CONFIGURACIÓN DEL BORNEADO. FUENTE: WWW.INDUSTRIAL.OMRON.ES.....	161
TABLA 58. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO. FUENTE: WWW.INDUSTRIAL.OMRON.ES.....	163
TABLA 59. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO. FUENTE: WWW.INDUSTRIAL.OMRON.ES.....	164
TABLA 60. CARACTERÍSTICAS FUENTE DE ALIMENTACIÓN MURR 24 DC. FUENTE: WWW.SHOP.MURRELEKTRONIK.ES.....	165
TABLA 61. SITUACIÓN INICIAL DE LA MEMORIA D1000 Y D3000.....	181
TABLA 62. SITUACIÓN CON INSTRUCCIÓN XFER DE D1000 Y D3000.....	181
TABLA 63. SITUACIÓN CON INSTRUCCIÓN MOVD EN CÓDIGO ASCII DE D1000 Y D3000.....	181
TABLA 64. SITUACIÓN CON INSTRUCCIÓN MOVD EN CÓDIGO HEXA DE D1000 Y D3000 .....	181
TABLA 65. TIPOS DE CONTROL UTILIZADOS EN LA INSTRUCCIÓN MOVD .....	183
TABLA 66. EXPLICACIÓN DE LA MEMORIA DONDE SE HAYA EL RELOJ INTERNO DEL PLC .....	215
TABLA 67. PRESUPUESTO ESTUDIO ENERGÉTICO MAS RABASSA .....	220
TABLA 68. PRESUPUESTO ILUMINACIÓN EXTERIOR MAS RABASSA.....	220
TABLA 69. PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA PARKING RESERVABLE.....	221
TABLA 70. PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO .....	221

## Simbología

$V_{acs}$ : Consumo ACS ( $m^3$  /día).

$T_{uso}$ : Temperatura de consumo ( $^{\circ}C$ ).

$T_{ext}$ : Temperatura exterior ( $^{\circ}C$ ).

$\rho$  : Densidad del agua ( $Kg/m^3$ ).

$C_e$  : Calor específico del agua ( $J/ (Kg \cdot ^{\circ}C)$ ).

$Q$ : Calor aportado al sistema (Kcal).

$m$ : Masa del agua en litros (L).

$c$ : Calor específico del agua ( $Kcal/L^{\circ}C$ ).

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura ( $^{\circ}C$ )

$P$ : Potencia (W).

$C1$ : Circuito receptor de iluminación.

C2: Circuito receptor tomas uso general (y frigorífico).

C3; Circuito receptor cocina y horno.

C4: Circuito receptor lavadora y lavavajillas.

C5: Circuito receptor baño, cuarto de cocina.

ACS: Agua caliente sanitaria.

$\text{kW}_{\text{el}}$ : Kilovatios eléctricos

$\text{kW}_{\text{th}}$ : Kilovatios térmicos.

m.c.a: metro de columna de agua.

$I_b$ : Corriente de la base.

$I_c$ : Corriente del colector

$I_e$ : Corriente emisor

$\beta$ : Constante de la base del transistor

## 0. Introducción

### 0.1- Introducción del Proyecto

La idea original del proyecto era trabajar sobre un proyecto de Smart City que se quiere realizar en Vilafranca del Penedès. Las Smart Cities están a la orden del día actualmente, por lo tanto era un proyecto muy ambicioso el poder trabajar en algún estudio relacionado con este tema y que finalmente pueda acabar haciéndose. Llegados a este punto, decidimos centrarnos en 3 ámbitos de estudio dentro de la Smart City con la idea de organizar un único proyecto con 3 proyectos íntegros. Esta decisión nos ofreció la oportunidad de elaborar un propio proyecto para cada uno de los 3 estudiantes y a la vez trabajar conjuntamente.

Una vez conocida la propuesta, el equipo de proyecto junto con el director de proyecto escogimos por un lado el ámbito energético y solución energética, por otro lado el estudio lumínico de la ciudad con una propuesta de iluminación inteligente y finalmente una propuesta de parking público reservable.

### 0.2- Objetivo del proyecto

Llegados a este punto tuvimos 4 objetivos claros para este proyecto:

- 1- El primero y creemos que el más importante es coordinarnos de la mejor manera posible para poder trabajar en 3 proyectos paralelos sin dejar de trabajar en uno propio y común. Parece sencillo a simple vista, pero sin un buen entendimiento ni mecanismo de trabajo común no hubiera sido posible y por lo tanto el proyecto no se hubiera podido llevar a cabo.
- 2- Como segundo objetivo encontramos el realizar el estudio energético sobre una propuesta de ciudad. Al ser una propuesta, tuvimos que incluir muchos criterios propios para sacar adelante los estudios eléctricos y sobretodos térmicos ya que no conocíamos la estructura interior de los edificios propuestos. Superada esta dificultad, conseguimos obtener la carga eléctrica y térmica y pudimos conseguir una solución energética como es la cogeneración.
- 3- Como tercer objetivo queríamos conseguir que una luminaria aumentase y disminuyese la intensidad según el sensor de presencia detectase más proximidad sobre un usuario o menos. Finalmente gracias a una placa Arduino y su correspondiente programación conseguimos nuestro tercer objetivo.

- 4- Como último objetivo era programar un parking reservable que se comunicase con el usuario. En un primer momento, no teníamos conocimiento sobre cómo crear la interface usuario-maquina pero gracias al trabajo de prácticas de uno de los componentes del grupo, tuvo acceso a conocimientos de programación de pantallas HMI. De esta forma pudimos realizar el prototipo de un parking de 8 plazas reservable. Este sistema se comunica con el usuario después de haberse registrado en el sistema previamente.

### 0.3- Alcance del proyecto

Una síntesis de los diferentes puntos que se han tratado en el proyecto y que resumen el alcance del mismo son los siguientes:

- La necesidad de adquirir más conocimientos sobre programación de PLC OMRON, comunicaciones y redes.
- La necesidad de adquirir más conocimientos sobre programación de pantallas HMI OMRON.
- La necesidad de adquirir más conocimientos sobre programación de Arduino.
- Llegar a elaborar el estudio energético completo de una ciudad, consiguiendo los datos de potencia eléctrica y térmica necesarios para abastecerse.
- Aumentar los conocimientos sobre la cogeneración sobre funcionamiento, catalogo y características.
- La necesidad de implantar un sistema de comunicación inalámbrica donde el usuario y el sistema interactúen a través de distintas aplicaciones.

## 1- Smart City

### 1.1- Concepto Smart City

En los últimos 10 años, se han ido tejiendo estrategias de ciudad encaminadas al desarrollo futuro de ciudades bajo los conceptos de ciudades digitales, ciudades innovadoras, ciudades sostenibles, crecimiento sostenible, etc. Smart City es el paraguas en el que se ha ido aglutinando todos estos conceptos desde una visión integral.

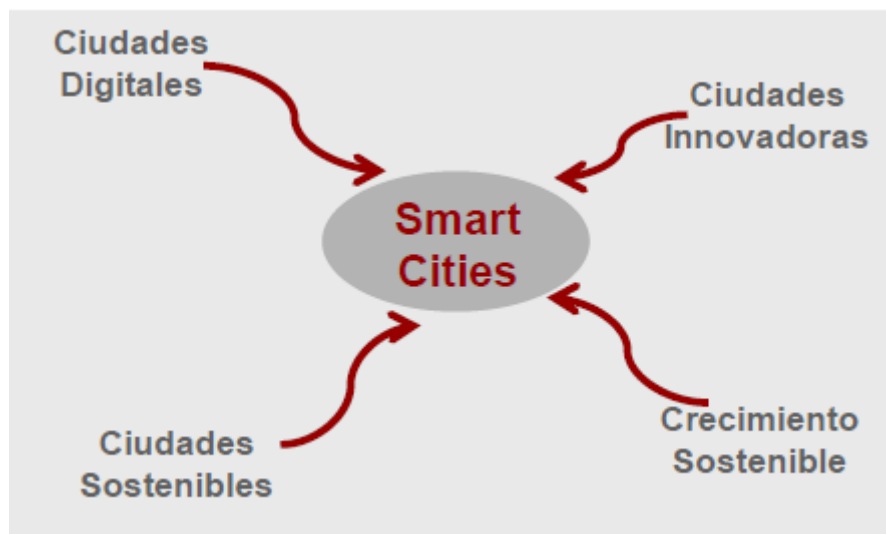


Figura 1. Resumen de las tecnologías de una Smart City. Fuente: anteverti

Smart City es el término que aglutina de forma integrada las iniciativas orientadas a mejorar la calidad de vida, la sostenibilidad, la gestión eficiente de los servicios, la innovación en materiales, recursos y modelos usando tecnología de forma intensiva. Smart City afecta a todos los servicios que se prestan en la ciudad: movilidad, producción y distribución de servicios urbanos (energía, agua, etc.), educación, salud, emergencias, seguridad, atención a las personas, etc.

La infraestructura de ciudad está formada por las infraestructuras básicas de transporte, energía, agua, gestión de residuos, telecomunicaciones, etc. Una de las claves para desarrollar la Smart City es conectar estas infraestructuras desde una visión integral de todos los servicios de la ciudad, para conseguir eficiencias e información de valor al cruzar datos provenientes de varios servicios. Visión integral que requiere una plataforma a la que puedan conectarse todos los servicios de ciudad, sean públicos o privados. Por lo que se recomienda implementar una plataforma en un entorno abierto, interoperable y escalable, facilitando interfaces públicas.

Smart City utiliza las infraestructuras, la innovación y la tecnología, pero también requiere de una sociedad inteligente, activa y participativa: personas, talento, emprendedores, organizaciones colaborativas, etc. No se puede concebir una Smart City sin las personas que viven y trabajan en la ciudad, que son el motor y el alma de la ciudad.

Las estrategias de Smart City son a la vez una oportunidad de negocio para las empresas innovadoras y de servicios. Se trata de un mercado en expansión. Otra dimensión del proyecto Smart City en las ciudades pioneras es el impulso al tejido de empresas innovadoras que desarrollen productos y soluciones, que puedan testearse en la ciudad para después comercializarse a nivel mundial<sup>1</sup>.

## 1.2- Áreas Smart City

En este apartado comentaremos todas las características de las áreas que componen una Smart City. Como podremos comprobar, hay un gran número de áreas que una ciudad tiene que cumplir para que se catalogue como Smart.

### 1.2.1- Movilidad Smart, logística y tecnología

Las características son:

- Análisis de los flujos de tráfico, dando prioridad al transporte de emergencias y al transporte público.
- Detección automática de las infracciones del código de circulación y los peligros en las carreteras, información mediante señales adecuadas o información online de los accidentes producidos en las vías de circulación a los vehículos próximos.
- Desarrollo de modelos matemáticos y simulaciones para poder comparar distintas vías de circulación y distintos escenarios de transporte y así poder predecir posibles efectos sociales y ambientales.
- Establecimiento de una serie de tarifas para el transporte privado, en función del impacto ambiental y del uso de las infraestructuras (contaminación, ocupación de espacios públicos, zonas por horas, etc.)
- Implantación de servicios de información online para los ciudadanos: búsqueda a través de Smartphone, dispositivos móviles, o pantallas fijas: conexiones, tiempos estimados de llegada del transporte público, servicios para compartir bicicletas o vehículos (car sharing), etc.

---

<sup>1</sup> "Hoja de Ruta para la Smart City". Centre tecnològic de Catalunya. [www.socinfo.es](http://www.socinfo.es)

- Impulso del desarrollo de medios de transporte más “sostenibles” y menos contaminantes, como: vehículos eléctricos, medios de transporte impulsados por hidrógeno, tranvías interurbanos, combustibles renovables, etc. <sup>2</sup>

### 1.2.2- Personas (Smart People)

Las características son:

- Implementar diferentes servicios para aumentar la comodidad y seguridad del ciudadano como las consultas médicas vía telefónica (tele-médicos), la integración de las alarmas de extinción de incendios en la domótica de los edificios, prevención de inundaciones y sistemas antirrobo.
- Asistencia a la movilidad y prevención del aislamiento social en los mayores.
- Creación en la red de grupos de debate, grupos de colaboración (networking) y puntos de encuentro (p. ej.: LinkedIn) para emprendedores. Desarrollo de “incubadoras” para comenzar colaboraciones con universidades, inversores de capital riesgo, fondos de inversión, etc.
- Sistemas de aprendizaje online, formación permanente por ordenador, foros de apoyo y colaboración con expertos, información sobre oportunidades laborales y encuentros que favorezcan la recapacitación.
- Utilización de las nuevas tecnologías de información y comunicación para desarrollar museos virtuales, realidad aumentada, arte digital, co-creación y otras actividades de ocio, así como traducciones asistidas en tiempo real y mediación cultural. <sup>3</sup>

### 1.2.3- Economía Smart para la competitividad

Las características son:

- Asociación temporal online de empresas y clientes para la obtención de soluciones creativas.
- Creación de oficinas modulares descentralizadas (oficinas satélite virtuales) con acceso a internet, equipadas para llevar a cabo tele-trabajo y capaces de proveer servicios auxiliares a los usuarios de las mismas.
- Desarrollo de “incubadoras”, como elemento generador de ideas y punto de encuentro de universidades y centros de investigación, organismo públicos, expertos y empresas
- El fomento del co-working (co-trabajo) permitiendo que varios profesionales independientes de sectores distintos, compartan una misma oficina o un mismo espacio de trabajo donde se

---

<sup>2</sup> “Mapa tecnológico, ciudades inteligentes”. Observatorio Tecnológico de la Energía. Miércoles, 18 de abril de 2012. [www.idae.es](http://www.idae.es)

<sup>3</sup> IDEM 2

fomenta la colaboración, el trabajo en un espacio comunitario y multidisciplinario, y el networking<sup>4</sup>.

#### 1.2.4- Urbanismo y Vivienda sostenible

Las características son:

- Planificación de un desarrollo urbano sostenible, análisis de necesidades y riesgos identificados (inundaciones, terremotos, etc.) para gestionar correctamente la densificación de población y alcanzar un resultado sostenible desde el punto de vista social, ambiental y generacional.
- Considerar una serie de factores de habitabilidad en edificios como: verificación acústica, certificación de sostenibilidad (LEED, BREEM, ITHACA, etc.), seguridad, etc. Sensores inteligentes inalámbricos de contaminación, ruido y otros datos medioambientales.
- Soluciones integradas para la gestión a distancia de la calefacción y la refrigeración, utilización de co/tri generación.
- La gestión de las aguas subterráneas, el cobro por volumen y clasificación de la recogida de desperdicios, empleo de incentivos para aumentar la reutilización y el reciclaje de residuos.
- Un correcto uso y clasificación del suelo (y de su edificabilidad). Estas medidas podrán influir sobre las condiciones del microclima urbano en:
  - o La orientación sur de la fachada principal de los edificios logra reducir las necesidades energéticas tanto en invierno como en verano
  - o El trazado de las calles y la ubicación de los edificios deben mantener los flujos naturales de viento
  - o Hay que considerar los árboles y plantas como elementos relevantes que influyen en las condiciones climáticas urbanas <sup>5</sup>

#### 1.2.5- Ecosistema: entorno sostenible, energías renovables y otros recursos

Las características son:

- Optimización de las Smartgrids: incorporando a la red de sistemas de generación “limpios” y distribuidos, mejorando la gestión de los picos de carga y por tanto, el servicio ofrecido al usuario final (más fiable y económico).
- Desarrollo del modelo “District heating” y otros sistemas de calefacción eficientes: encendido y apagado programable de la calefacción, co-generación, nuevos modelos de bombas de calor.

---

<sup>4</sup> IDEM 2

<sup>5</sup> IDEM 2



- Alumbrado eficiente (en particular el alumbrado de las calles y la iluminación de interior). Fomento de la tecnología LED y su desarrollo.
- Empleo de generación distribuida renovable: energía solar térmica, sistemas de calefacción geotérmica, sistemas fotovoltaicos, mini-eólica, etc.
- Incorporación progresiva de sistemas de gestión activa de la demanda, utilización de domótica en las viviendas, uso de electrodomésticos ecológicos.
- Empleo de medidas de riego eficiente (goteo). Incorporación de sistemas de reutilización del agua usada (y agua de lluvia) uso de agua no potable para riego. <sup>6</sup>

### 1.2.6- E-democracy, e-Government 2.0, Smart Government

Las características son:

- Incentivos para el auto-abastecimiento local y el comercio justo de mercancías importadas.
- Herramientas para la e-democracia y comunicación directa con las instituciones públicas, uso de encuestas online para conocer la opinión del ciudadano.
- Facilitar los procesos administrativos utilizando elementos como la firma digital y otros medios online, manteniendo y asegurando la privacidad y la validez legal de los documentos. Simplificar y automatizar el “workflow” de dichos procesos.
- Empleo de medios tecnológicos para facilitar la incorporación de grupos sociales desfavorecidos o minoritarios; por ejemplo “salones de internet” (espacios abiertos de formación para favorecer el acceso al mundo digital a las personas mayores).
- Herramientas que faciliten a las personas desempleadas conocer las oportunidades laborales disponibles.
- Integración electrónica de los perfiles médicos de cada paciente, para que pueda ser utilizado en caso de emergencia y que aumente la calidad de los cuidados recibidos.<sup>7</sup>

### 1.3- Energía inteligente

A continuación comentaremos las energías inteligentes establecidas de las cuales se basa la tecnología de las Smart City, es decir, Redes inteligentes y edificios inteligentes.

---

<sup>6</sup> IDEM 2

<sup>7</sup> IDEM 2

### 1.3.1- Redes inteligentes (Smart Grids)

La utilización de Smartgrids es una pieza clave, aunque no única, para el correcto uso e interconexión de los recursos energéticos y la movilidad urbana sostenible. Se trata de una red que integra de manera inteligente las acciones de los usuarios que se encuentran conectados a ella, es decir, generadores, consumidores y aquellos que son ambas cosas a la vez, con el fin de conseguir un suministro eléctrico eficiente, seguro y sostenible.

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) ha representado el proceso de evolución temporal hacia las redes inteligentes según la gráfica que se muestra a continuación:

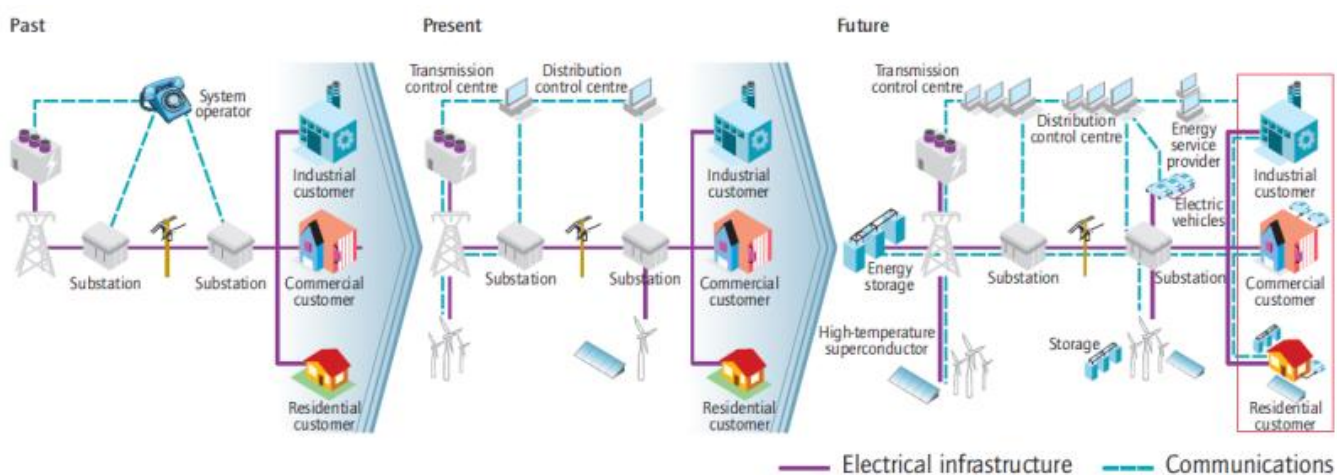


Figura 2. Proceso de evolución temporal hacia las redes inteligentes. Fuente: International Energy Agency

Entre las funciones de las Smart Grid se encuentran:

- Robustecer y automatizar la red, mejorando la operación de la red, los índices de calidad y las pérdidas en la misma.
- Optimizar la conexión de las zonas con fuentes de energía renovable, optimizando las capacidades de conexión y minimizando el coste de conexión de las mismas.
- Desarrollar arquitecturas de generación descentralizadas, permitiendo el funcionamiento de instalaciones de menor tamaño (generación distribuida) en armonía con el sistema
- Mejorar la integración de la generación intermitente y de nuevas tecnologías de almacenamiento
- Avanzar en el desarrollo del mercado de la electricidad, posibilitando nuevas funcionalidades y servicios a los comercializadores y a millones de consumidores en el mercado

- Gestión activa de la demanda, permitiendo que los consumidores gestionen de manera más eficiente sus consumos y mejorando la eficiencia energética
- Posibilitar la penetración del vehículo eléctrico, acomodando estas nuevas cargas móviles y dispersas a la red, minimizando el desarrollo de nueva infraestructura y habilitando las funcionalidades de almacenamiento de energía que poseen.

Las Smartgrids son la columna vertebral que permite que otras tecnologías pertenecientes a sectores como la energía y la movilidad sostenible se integren correctamente en el concepto “Smart City”. Algunos ejemplos son:

- Tecnologías renovables de generación distribuida (solar fotovoltaica y térmica, mini eólica, geotérmica)
- Almacenamiento de energía (baterías eléctricas, hidrógeno)
- Vehículos eléctricos e infraestructura de recarga
- Centrales eléctricas virtuales (VPP)
- Contadores inteligentes (consumo de electricidad, gas y agua) <sup>8</sup>

### 1.3.2- Edificios inteligentes (Smart buildings)

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) juegan un papel muy importante en el aumento de la eficiencia energética; es decir, en la reducción de las emisiones y en contribuir al crecimiento sostenible.

Las TIC no sólo mejoran la eficiencia energética y ayudarán a combatir el cambio climático, sino que promueven la competitividad de la industria europea y crean nuevas oportunidades de negocio.

De acuerdo con la Directiva de la Unión Europea relativa a la eficiencia energética de los edificios (EPBD 2002/91/CE), más del 40% del consumo de energía en Europa se debe a la calefacción y la iluminación en los edificios.

Por otra parte, los edificios son la mayor fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> y su consumo total de energía ha ido aumentando en los últimos años. La mayor parte del consumo de energía se debe a la calefacción y el agua, aunque la proporción de consumo de la iluminación y los aparatos está creciendo con el tiempo (esta situación es similar en el sector servicios, aunque la proporción de la iluminación y el consumo de aparatos es mayor que en los hogares debido a la una mayor utilización de equipos de TIC).

---

<sup>8</sup> “Mapa tecnológico, ciudades inteligentes”. Observatorio Tecnológico de la Energía. Miércoles, 18 de abril de 2012. [www.idae.es](http://www.idae.es)

Los edificios pueden ser considerados como sistemas de energía intensiva a través de su ciclo de vida, siendo las cifras especialmente importantes los relacionados con la fase de construcción; ya que representan el 85% del consumo total.

Teniendo en cuenta los objetivos acordados por la comisión europea para 2020 en materia energética, reducir el consumo de energía en los edificios es un hito esencial de cara a los retos identificados en el Plan estratégico europeo de energía (European Strategic Energy Technology Plan).

El futuro y el desarrollo de los edificios inteligentes se basan en los siguientes pilares<sup>6</sup>:

- Objetos “inteligentes”, con chips electrónicos incorporados capaces de recibir y transmitir información (p. ej. sensores)
- Dispositivos por control remoto
- Comunicaciones que favorezcan la transmisión de información entre dispositivos y equipos
- Interfaces interactivas y accesibles a los usuarios que permitan que la red utilizada en los hogares sea lo más fácil de utilizar (User-friendly).
- Sistemas inteligentes de gestión de edificios (BMS)
- Sistemas inteligentes de control energético de edificios
- Eficiencia económica e impacto en el ahorro de energía<sup>9</sup>

## 1.4 Ejemplos de Smart City

En el siguiente punto, destacaremos las dos Smart Cities más importantes de España. Por un lado encontraremos la Smart City Barcelona y la Smart City Málaga.

### 1.4.1- Smart City Barcelona

El carácter emprendedor de Barcelona está logrando que la ciudad experimente una evolución significativa, lo que, sumado a la vocación de ser una auténtica ciudad inteligente, la convierten en una de las urbes y marcas más atractivas a nivel global en este campo.

---

<sup>9</sup> IDEM 8



Figura 3. Modelo Smart City Barcelona. Fuente: EL MUNDO

Uno de los proyectos más destacados de esta ciudad inspiradora es Mobile World Capital, una iniciativa destinada a convertir la ciudad en un centro de referencia de las tecnologías móviles. Se trata de aprovechar el potencial de estas como elemento para transformar la vida cotidiana y crear nuevas oportunidades de negocio, utilizándolas como motor de desarrollo.

Uno de los pilares de Mobile World Capital Barcelona es el proyecto industrial, que se desarrolla a través de cinco programas estratégicos: el de Emprendimiento e Innovación (PEI), el de Centros de Competencia Internacionales (PCCI), el de Transformación Mobile (PTM), el Mobile Europa (PME) y Barcelona Mobile Foro (BMF). Para impulsar la transformación Mobile, la Fundación cuenta también con las herramientas del MW Centre y MW Congress.

A continuación mostramos los objetivos destacadas de la Smart City Barcelona:

- Autosuficiencia

Barcelona basa también su estrategia de transformación a largo plazo para convertirse en una ciudad inteligente en retos como la autosuficiencia, barrios productivos y de velocidad humana. También en el diseño de una metrópoli hiper conectada y de emisiones cero.

El objetivo es garantizar más calidad de vida, mejora social, y valor añadido en los barrios, fomentando el potencial urbano en el desarrollo sostenible y la economía verde.

- Comunicaciones

Otro de los objetivos prioritarios del consistorio es integrar sus infraestructuras municipales de telecomunicaciones, tanto de la fibra óptica (compuesta por las redes entre los edificios municipales, el control de la movilidad urbana, la gestión de los túneles viarios de la ciudad y las infraestructuras de fibra del 22@) como la inalámbrica de tecnología wifi (de uso corporativo y ciudadano) con el objetivo de disponer de una única red de gran capacidad y capilaridad.

Esta nueva red será pieza clave para poder disponer de servicios más eficientes. Asimismo, se está impulsando el desarrollo de la tecnología 4G con una nueva ordenanza y un nuevo plan de antenas.

- Iluminación

Está en marcha un nuevo plan director de iluminación (Smart Lighting) que marca los criterios de iluminación de la ciudad y que tiene como principales objetivos priorizar al peatón por encima de los viales de circulación, incorporar criterios de máxima eficiencia y optimización energética, así como la inteligencia funcional, personalizando calles, edificios y monumentos.

- Energía y recursos

Barcelona está llevando a cabo acciones para conseguir edificios y espacios públicos autosuficientes energéticamente. En esta importante área se están creando islas energéticas autosuficientes para mejorar prácticas relativas al consumo. El desarrollo del plan de autosuficiencia energética se elabora con una visión de 30 a 40 años y con una planificación de acciones para los próximos diez años.

También se pretenden gestionar de manera inteligente los recursos hídricos, tanto en la gestión de las aguas freáticas y subterráneas como en el consumo racionalizado de los servicios públicos (riego y fuentes).

- Movilidad

En la actualidad están plenamente operativas diferentes iniciativas para mejorar la movilidad urbana, con sostenibilidad y garantizando las mismas oportunidades de acceso a toda la ciudad. Un buen ejemplo es la nueva red de bus ortogonal, basada en unos recorridos más rectos y directos para facilitar la legibilidad por parte de los usuarios y mejorar la frecuencia de paso. El principal objetivo es mejorar la eficiencia de los recursos.

Las 28 líneas que conforman la red están distribuidas en 17 verticales (alineación mar-montaña), ocho horizontales (de Llobregat a Besòs) y tres diagonales. La acción se completa con



infraestructuras, mobiliario y señalización inteligente, así como la disponibilidad de aplicaciones móviles e informáticas que dan soporte a los profesionales y los ciudadanos.

Entre las últimas aplicaciones para telefonía móvil está Apparkb --gratuita--, que permite pagar el estacionamiento en las áreas verde y azul de la ciudad.

- Otras iniciativas

Son muy numerosas las iniciativas que ya están desplegadas por parte del ayuntamiento para que la ciudad avance hacia su configuración como 'Smart City', por lo que ya se trabaja en la remodelación de las principales calles de Barcelona integrando proyectos y telecomunicaciones, iluminación y sonorización de los sistemas de control.

Barcelona está desarrollando también una estrategia para aumentar su resiliencia mientras reduce --e incluso elimina-- riesgos detectados, utilizando medidas preventivas y minimizando el impacto y el tiempo de recuperación que sería necesario en caso de crisis.

En cuanto a servicios se ha creado 'Smart Citizen', una plataforma para generar procesos participativos de las personas en las ciudades. Conectando datos, ciudadanos y conocimiento, el objetivo de la plataforma es servir como nodo productivo para generar indicadores abiertos y herramientas distribuidas, y a partir de ahí la construcción colectiva de las ciudades por sus propios habitantes.

También se ha promovido el 'Smart Government', para mejorar la interacción entre ciudadanos y Administración, y hacer más eficientes los procedimientos administrativos.

Un amplio plan de aplicaciones institucionales y colaborativas con la empresa y la universidad, así como con instituciones de ámbito europeo, configuran el programa y los retos que están convirtiendo a Barcelona en un referente tecnológico.<sup>10</sup>

#### **1.4.2- Smart City Málaga**

El proyecto Smart City Málaga constituye la mayor iniciativa europea de ciudad ecoeficiente. Sus objetivos son incrementar la eficiencia energética, reducir las emisiones de CO2 y aumentar el consumo de las energías renovables.

---

<sup>10</sup> Barcelona da pasos de gigante hacia la ciudad inteligente, El periódico. Viernes, 20 de diciembre del 2013 - 12.43 h.

El área de Smart City Málaga abarca 4 km<sup>2</sup> en la zona malagueña de la playa de la Misericordia y engloba a 11.000 clientes domésticos y 1.200 industriales y de servicios. Un consorcio de 11 empresas, lideradas por Endesa, está desplegando en la zona tecnologías de última generación en Smart metering, comunicaciones y sistemas, automatización de la red, generación y almacenamiento distribuido e infraestructura inteligente de carga de vehículos.

La zona cuenta con unos 11MW de generación renovable que incluye cubiertas fotovoltaicas distribuidas por la ciudad, una cogeneración, aerogeneradores de eje vertical y generación integrada en luminarias.



Figura 4. Ilustración Smart City Málaga. Fuente: Endesa

Con Smart City se pretenden cumplir las directrices europeas para el sector energético que impulsan la eficiencia, el uso de energías renovables y de redes avanzadas con capacidad de almacenamiento. Los principales objetivos del proyecto son:

1. La lectura automatizada de los contadores. El nuevo tele-contador de Endesa permitirá acabar con los problemas de estimación gracias a una facturación transparente y a la medición en tiempo real. Mejorará el servicio al cliente, que podrá gestionar sus consumos, visualizar los datos por internet y recibir aviso en caso de desconexión de la red.
2. Cambiar los hábitos de los consumidores, es decir, proporcionándoles datos online de su consumo, tarifas y efecto en el medioambiente.
3. Investigación en tecnologías V2G (Vehicle to grid) consiste en el desarrollo de un sistema de descarga de las baterías del vehículo eléctrico a la red, y posterior análisis de la viabilidad técnica y económica de la solución.



4. Mejorar las comunicaciones entre PLC y centros de transformación.
5. Eficiencia energética centrada en edificios públicos y privados. Posible gestión energética de Hospitales.
6. Gestión eficiente del alumbrado público para que los Ayuntamientos puedan conseguir bajar el consumo. Instalación de sensores de niveles de ruido, contaminación ambiental, cámaras de vigilancia, servicios de comunicaciones, sensores de presencia, etc.
7. Automatización de las maniobras por la instalación de telemandos en la red MT y BT. Se conseguirá reducir el tiempo de desconexión ante una avería y del número de reclamaciones, así como optimizar el uso de la red.
8. Instalación, gestión y control de productores de energías alternativas (fotovoltaica, mini eólica, trigeneración, biogás, célula de hidrógeno, CHP...) Se podrán crear patrones de consumo que permitirán mejorar la planificación y el uso de las energías alternativas.
9. La red inteligente posibilitará la gestión de los excedentes de producción de determinados productores.
10. Un importante objetivo: la reducción emisiones CO<sub>2</sub>.
11. Conseguir reducir la forma de la curva de carga, lo que significa que bajamos la punta de consumo, consiguiendo aplanar la curva de demanda de energía.
12. Gestión de baterías e instalación de almacenamiento en los generadores.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Smart City Málaga: un modelo de gestión sostenible para las ciudades del futuro. [www.endesa.com](http://www.endesa.com)

## 2. Proyecto de edificación “Mas Rabassa”

En este punto comentaremos conceptos fundamentales sobre la ciudad de Vilafranca del Penedès y sobre dónde estaría ubicada la Smart City “Mas Rabassa” que se ha propuesto realizar.

### 2.1- Vilafranca del penedès

Vilafranca del Penedès es un municipio de la provincia de Barcelona en la comunidad de Cataluña, España. Capital de la comarca del Alto Penedés. El municipio tiene una extensión de 19,63 km<sup>2</sup> y está formado por el núcleo de la capital y los vecindarios del Bordellet, el Molino de en Rovira, la Calle de en Perepau, Can Salinas y la Serreta, este último compartido con el término municipal de Olèrdola.

Los barrios de Vilafranca son, además del Centro de la ciudad, San Julián, el Espirall, Molino de en Rovira, Pueblo Nuevo, Las Clotes, Barceloneta-Sant Magí y La Girada.

Los patrones de la ciudad son San Ramón de Peñafort, y san Félix mártir. La Fiesta Mayor centra buena parte de sus actos alrededor del patrón, San Félix.

Vilafranca es conocida a nivel internacional por sus vinos: el cava catalán y los vinos de la Denominación de Origen Penedès (DO), con marcas multinacionales como Bodegas Torres. Aparte de los vinos y cavas, Vilafranca también es conocida por los Castellers de Vilafranca y por su Fiesta Mayor, que cuenta con uno de los dragones más antiguos de Europa (de los vuelos del año 1600) y una veintena de bailes, entremeses y grupos castellers.<sup>12 13 14</sup>

### 2.2 Proyecto “Mas Rabassa”

El proyecto se basa en el plan parcial urbanístico que se realiza como figura de gestión en el desarrollo del planteamiento urbanístico del sector SUD 3 “Mas Rabassa” de acuerdo con lo indicado por el vigente *plan de ordenación urbanística municipal (POUM)* de Vilafranca del Penedés.

<sup>12</sup> Celdrán Gomáriz, Pancracio (2004). Diccionario de topónimos españoles y sus gentilicios (5ª edición). Madrid: Espasa Calpe. p. 859. ISBN 978-84-670-3054-9

<sup>13</sup> «Variaciones de los Municipios de España desde 1842» (pdf). Ministerio de Administraciones Públicas. Secretaría General Técnica. 2008. p. 53. Consultado el 7 de febrero de 2011.

<sup>14</sup> Pere Anton Bolet Secall, La Festa Major de Vilafranca: Orígens i evolució durant l'últim segle

## 2.2.1 Objetivo

Consolidar el crecimiento de la villa, cerrando con usos residenciales y terciarios la zona comprendida entre el suelo urbano de Molí d'en Rovira y la variante de la N-340, y conformar un espacio de uso empresarial, terciario y hotelero ligado a la actividad del vino.

## 2.2.2 Emplazamiento y situación

La parcela (sector Sub-3) a urbanizar está ubicada al sureste del municipio de Vilafranca del Penedès provincia de Barcelona, con una superficie de 20,14 Ha (201.628,61 m<sup>2</sup>) queda delimitado por la variante de la N-340 en el sureste, el sector de "Melió residencial" en el noreste, el sector del "Molí d'en Rovira sur" en el suroeste y por el suelo urbano de la zona del "Molí d'en Rovira" al noreste.

- Emplazamiento



Figura 5. Emplazamiento Vilafranca del penedès. Fuente: Datos del mapa C2015 Google. Inst. Geogr. Nacional





- Propuesta proyecto



Figura 7. Proyecto "Mas Rabassa". Fuente:  
[www.vilafranca.org/html/infoactualitat/mas\\_rabassa.html](http://www.vilafranca.org/html/infoactualitat/mas_rabassa.html)

### 3- Proyectos de la Smart City “Mas Rabassa”

Una vez comentada la localización de la Smart City, los datos técnicos de la ciudad y el objetivo de esta propuesta de Smart City para Vilafranca del Penedès, comentaremos algunos proyectos previstos para la Smart City “Mas Rabassa Smart City”.

#### 3.1- Generación distribuida

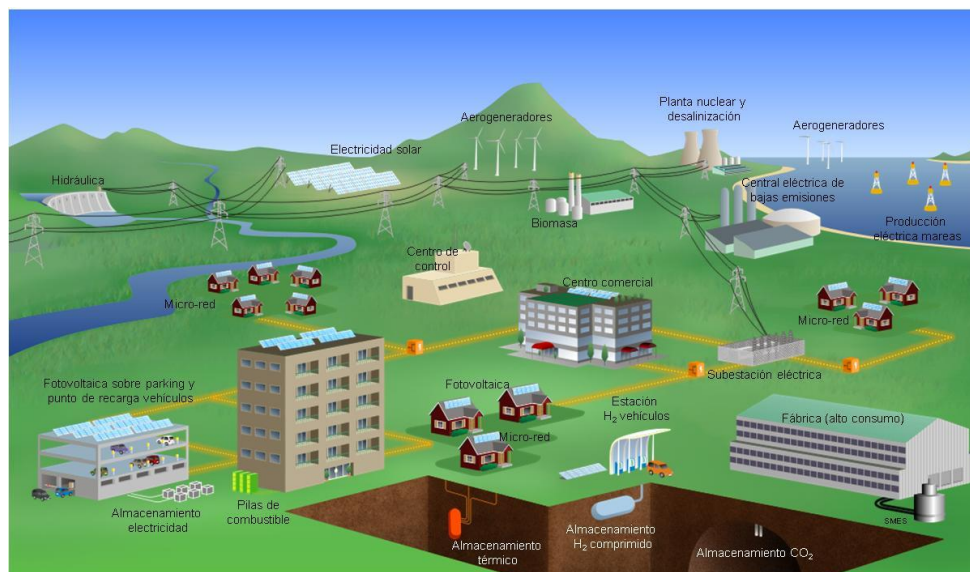


Figura 8. Esquema generación distribuida. Fuente: aulagreencities.coamalaga.es

La generación distribuida o descentralizada es una parte fundamental en una Smart City, y consiste en la generación de energía eléctrica mediante muchas pequeñas fuentes de generación, instaladas cerca del consumo.

La generación distribuida es una cooperación entre la micro-generación y la generación de las centrales convencionales.

Esta distribución hace que la generación sea más equilibrada, y que la Smart City no dependa tanto de las grandes centrales. Además, la micro-generación implica el uso de las energías renovables, lo que reducirá las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las características principales de una generación distribuida son:

- Reduce las pérdidas en la red eléctrica. Estar más cerca del consumidor supone que las redes de transporte sean más cortas. Por lo tanto, la generación distribuida supone menos pérdidas de energía en el transporte de la electricidad desde la generación hasta el consumidor. Esto también influye en el ahorro a la hora de elevar la tensión eléctrica para su transporte.
- Mejorar la fiabilidad y la calidad del sistema eléctrico. Como hay pequeñas fuentes de generación (micro-generación), repartidas por el territorio, el fallo de una de las fuentes no supone un grave problema para el sistema eléctrico.
- Potencias reducidas. Las unidades de micro-generación suelen tener potencias inferiores a 3 kW aunque en general se suele decir que no sobrepasan 10 kW de potencia instalada.
- Energías renovables. En la generación distribuida está muy presente las energías renovables, ya que al estar tan cerca del consumo, son las más adecuadas.<sup>15</sup>

### 3.2- Telegestión de riego



Figura 9. Telegestión del riego. Fuente: [www.smartcity.bcn.cat](http://www.smartcity.bcn.cat)

Las personas que trabajan en Parques y Jardines de Barcelona supervisan diariamente el estado de la vegetación de los espacios verdes con la ayuda de una tableta. Gracias a la tableta los jardineros de cada uno de los parques pueden visualizar de una manera rápida y eficaz el funcionamiento del riego y detectar las incidencias que se hayan producido para proceder rápidamente a su reparación y, en el caso de plantaciones de nuevas especies o si detectan

<sup>15</sup> Generación distribuida. [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com)

visualmente que alguna zona de parque necesita más agua, pueden realizar riegos de soporte de forma manual, pero estos deberían ser excepcionales.

El sistema de Telegestión del riego cuantifica las entradas y salidas de agua de un sistema en un tiempo concreto, se comparan con las necesidades hídricas de las plantas y se complementan con los datos de lluvia y riego según las variables de evaporación, transpiración, escorrentía y percolación del agua. De esta manera, solo se aporta al riego el agua estrictamente necesaria, evitando el derroche. El sistema, además, se detiene de forma automática cuando llueve y, si hace viento, se ajusta a fin de que el agua no caiga fuera del ámbito del riego.

Con esta línea de actuaciones se busca mejorar la percepción del valor del agua con la utilización de las nuevas tecnologías en la planificación de instalaciones y con una política de gestión más racional que obtenga el máximo rendimiento hídrico para la ciudad y las personas que la habitamos.<sup>16</sup>

### 3.3- Iluminación inteligente

Iluminación inteligente significa iluminación de calidad y eficiente, iluminación que reduce la cuantía de las facturas y los gastos de mantenimiento, que es respetuosa con el medio ambiente y que nos hace la vida más fácil y agradable. Iluminación inteligente es, en definitiva, iluminación LED.

Uno de los mayores quebraderos de cabeza que instituciones, empresas y ciudadanos tenemos es el gasto en iluminación. Trabajamos en edificios que deben estar iluminados al menos ocho horas al día, llevamos a nuestros hijos a unos centros educativos que abren sus puertas desde muy temprano y hasta muy tarde, caminamos por unas calles que deben estar bien iluminadas para que nos ofrezcan seguridad cuando oscurece. Por no hablar de los aparcamientos, hospitales y otros centros de salud que funcionan las 24 horas al día los 365 días al año. Las necesidades de iluminación en todos estos casos generan unos costes que pueden disminuir con la utilización de un sistema de iluminación inteligente LED.

La capacidad de las lámparas LED para regular su intensidad sin desperdiciar energía y para funcionar a pleno rendimiento al instante de encenderse las hace especialmente adecuadas para sistemas de detección de movimiento y presencia. Estos sistemas gestionan automáticamente la intensidad o el encendido de las luminarias en función de la presencia y el movimiento de personas.

---

<sup>16</sup> Telegestión del riego. [www.smartcity.bcn.cat](http://www.smartcity.bcn.cat)



Imaginemos el largo pasillo de un almacén o de un hospital, los accesos a un parking subterráneo o el paseo de cualquier ciudad. Un sistema de control inteligente es capaz de detectar la presencia de personas y/o vehículos, aumentar la intensidad de la luz a su paso y rebajarla (o anularla) ante la ausencia de movimiento. También puede regular el brillo en función de la luz natural que recibe o de la hora del día.

Además, los sistemas de control avanzados de iluminación comunican inmediatamente cualquier incidencia que se produzca en una luminaria, reduciendo al mínimo el tiempo de respuesta y, por lo tanto, el impacto que la falta de luz tiene sobre la actividad en el edificio.



Figura 10. Iluminación inteligente. Fuente: [www.ledigroup.com](http://www.ledigroup.com)

Las aplicaciones de esta tecnología son las siguientes:

Los sistemas de iluminación inteligente se pueden aplicar a espacios interiores, al exterior de los edificios y al alumbrado de calles y carreteras para conseguir la iluminación más adecuada para cada espacio en cualquier momento.

Para los espacios interiores (centros educativos, comerciales y de salud, almacenes, fábricas, aparcamientos, hoteles y restaurantes por ejemplo) el objetivo es lograr el mayor ahorro energético posible y ofrecer, al mismo tiempo, bienestar, confort y el mejor ambiente de trabajo para las personas que se encuentran en ellos.

Se trata de instalar un sistema que sea capaz de generar mayor cantidad e intensidad de iluminación únicamente en los espacios que lo necesiten (un laboratorio, un quirófano, el área de trabajo en las oficinas...), aumentarla en el caso de necesidades especiales (servicio de urgencias por ejemplo), hacer que la necesidad de iluminación artificial se modifique por la cantidad de luz

natural que penetra desde el exterior (vestíbulos, salas de espera...), o que la luz se apague cuando no se detecte ni presencia ni movimiento (por ejemplo la iluminación en los baños o en los pasillos).

El exterior de los edificios requiere una iluminación más creativa, en la que el uso del color es tan importante como el control de gasto en las facturas: se trata de “ser visto” y admirado. Es el caso de edificios históricos, o de diseño innovador, ubicados en pueblos y ciudades donde el turismo es una importante fuente de ingresos o tiene un gran potencial.

La iluminación de calles, aparcamientos exteriores, parques, jardines y carreteras tiene un valor añadido como es el de la seguridad. Ofrecer seguridad tanto a peatones como a vehículos para circular en cualquier momento del día y de la noche dándoles un campo de visión amplia. Asimismo, estos sistemas inteligentes permiten un mejor control y gestión de este tipo de iluminación y, al mismo tiempo, favorecen al medio ambiente porque concentran la visión hacia el suelo y no al cielo, con lo que se evita la contaminación lumínica y el desperdicio de energía.<sup>17</sup>

### 3.4- Semáforos inteligentes



Figura 11. Semáforo inteligente con sensores. Fuente: [www.noticieroenfoque.com](http://www.noticieroenfoque.com)

A pesar de que todavía no forman parte del ecosistema habitual de nuestras ciudades, las señales inteligentes van a permitir mejorar la gestión del tráfico en las mismas, gracias a su adaptación a las necesidades de cada momento, ofreciendo de forma automática la mejor opción para tener un tráfico fluido.

<sup>17</sup> Iluminación inteligente para conseguir entornos eficientes. 11 enero, 2013. [www.lediagroup.com](http://www.lediagroup.com)

Aunque el concepto de señal inteligente puede parecer demasiado genérico, en la práctica es algo muy sencillo y comprensible: Son señales que, por una parte, cuentan con sistemas que permiten detectar el tráfico en cada momento (cámaras con visión artificial o aforos), recibiendo esa información, y siendo capaces de adaptarse autónomamente a las necesidades existentes.

Un ejemplo muy claro se puede ver en la gestión inteligente de intersecciones, donde cada vía cuenta con un semáforo y un sistema de visión de vehículos, y un software común que tiene en cuenta la información recibida de las cuatro vías, para determinar la combinación de semáforos más adecuada a cada momento, para evitar atascos y priorizar las vías con más vehículos.

Igualmente, los sistemas de visión artificial, pueden ser capaces de detectar ambulancias o vehículos con prioridad especial, y gestionar los semáforos a su paso para facilitar su recorrido.

La información de los semáforos inteligentes nunca se gestionará de forma independiente, sino que contará con un sistema central que reciba toda la información de los mismos, tratando de organizar secuencias que faciliten que los conductores se los puedan ir encontrando en verde, y de igual forma, eviten atascos y vías más congestionadas.

Toda esta tecnología inteligente de detección más acción también debe servir para proveer de información a los sistemas tecnológicos que consultan los usuarios para planificar sus rutas, de forma que puedan conocer en todo momento el camino óptimo para un destino concreto, así como los posibles atascos, obras o incidencias que haya en cualquier zona de la ciudad.

En definitiva, se trata de usar medios tecnológicos ya existentes, no complejos, pero que pueden aportar importantes ventajas si se usan de una forma adecuada.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Haciendo uso de señales inteligentes para gestionar el tráfico en función del flujo real en cada momento.  
[www.tecnocarreteras.es](http://www.tecnocarreteras.es)

### 3.5- Vehículos eléctricos



Figura 12. Vehículo eléctrico en una estación de carga. Fuente: [www.republica.com](http://www.republica.com)

Hoy en día, se calcula que el transporte es responsable del 29% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los 27 estados de la Unión Europea, según datos de la European Federation for Transport and Environment. En este marco, el coche eléctrico tendrá un papel central en la movilidad de cero emisiones reclamada para el desarrollo de la Smart City.

Por otra parte, los expertos señalan que la revolución llegará cuando las ciudades cambien la forma en la que utilizan la energía, con un menor consumo y una manera más limpia de hacerlo, siendo el vehículo eléctrico uno de los motores principales para lograrlo.

En la misma línea, el Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016, Plan Aire creado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, contempla entre las acciones propuestas promover políticas de información y sensibilización a los ciudadanos sobre movilidad sostenible, entre las que figura fomentar el uso del vehículo eléctrico, además del transporte público, el vehículo compartido o la bicicleta.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> El coche eléctrico, clave para la movilidad sostenible en la Smart City. 27 marzo, 2015 por admin en EcoNews. [www.volkswagenonlineteam.es](http://www.volkswagenonlineteam.es)

### 3.6- Edificios inteligentes



Figura 13. Edificio verde. Fuente: ENDESA

En un edificio inteligente también cabe pensar en los materiales con los cuales esta construido. Éstos deben de ser materiales que respeten el medio ambiente y sean reciclables, como por ejemplo el aluminio.

Existen los llamados edificios verdes, los cuales no solo incluyen los sistemas automatizados integrados, sino que también están diseñados para reducir el impacto negativo en la salud humana y en el entorno donde están construidos.

La construcción verde crea estructuras y utiliza procesos que son medioambientalmente responsables y eficientes en el uso de recursos a través del ciclo de vida de las edificaciones. El ahorro en los costes de mantenimiento y gestión del inmueble debe justificar el coste de la inversión inicial.

Las posibles características que hacen que un edificio sea inteligente y además respetuoso con el medio ambiente son la instalación de:

- Sistemas de recogida de aguas pluviales para uso sanitario.
- Programas de recuperación de residuos y depuración de vertidos.

- Sistemas para el ahorro de recursos.
- Empleo de materiales saludables para el medioambiente.
- Instalación de jardines tanto en las fachadas como en los terrados.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Smart Buildings. [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com)



## 4. Elaboración de la autogestión energética de la Smart City

En este punto se comenta el proceso de la gestión energética del proyecto Smart City “Mas Rabassa”.

### 4.1- Estudio de la Energía eléctrica de la Smart City

Para poder conocer de antemano la necesidad energética que tendrá la Smart City, previamente tendremos que analizar todas las cargas que prevemos que tendrá la ciudad.

Para ello realizaremos el estudio de las cargas de una vivienda tipo, un terciario, un centro escolar, un hotel vitivinícola, un laboratorio y un auditorio.

Una vez realizado el estudio, podremos saber cuánta carga eléctrica será necesaria realizar para cubrir las necesidades eléctricas de la ciudad.

#### 4.1.1- Criterios del estudio

Para llevar a cabo el estudio de las cargas eléctricas, hemos seguido una serie de criterios propios para facilitar el estudio y poder continuar con el proyecto. Se ha de destacar que en muchas infraestructuras como por ejemplo el hotel, colegio, laboratorio etc. No tenemos constancia de las distribuciones interiores de dichos establecimientos ni la utilización que se llevarán de las mismas.

Destacar previamente que junto al director del proyecto, hemos decidido en muchas ocasiones dejar de lado el REBT y poder así demostrar que se pueden conseguir menores potencias que exige el reglamento por  $m^2$  y conseguir el mismo o mayor confort.

Por lo tanto, hemos elaborado según nuestros criterios, que serán destacados a continuación:

##### a. Vivienda:

El reglamento electrotécnico de baja tensión (RBT) establece unos criterios básicos para los circuitos interiores de las viviendas, como se ha mencionado anteriormente no es necesario cumplir con este requisito, por lo tanto, la vivienda tipo comprende las siguientes instalaciones interiores: C1 (iluminación), C2 (Tomas de uso general (y frigorífico)), C3 (Cocina y horno), C4 (Lavadora y lavavajillas) y C5 (Baño y cuarto de cocina). Se aplicarán los siguientes criterios propios en función de los factores de simultaneidad y de utilización.

Receptor	Circuito de utilización	Factor simultaneidad	Factor de utilización
<b>C1</b>	Iluminación	0,72	0,5
<b>C2</b>	Tomas de uso general (frigorífico)	0,1	0,2
<b>C3</b>	Cocina y horno	0,5	0,75
<b>C4</b>	Lavadora y lavavajillas	0,5	0,4
<b>C5</b>	Baño y cuarto de cocina	0,4	0,1

Tabla 1. Criterios de funcionamiento vivienda tipo

b. Colegio:

El reglamento electrotécnico de baja tensión (RBT) no establece unos criterios básicos para los demás edificios a excepción de la vivienda, por ese motivo, estableceremos nuestros criterios propios de acuerdo al funcionamiento del establecimiento aplicando unos factores en función de la simultaneidad y la utilización. En esta situación el reglamento nos puede orientar a tomar estas decisiones. El colegio comprende las siguientes instalaciones interiores: C1 (iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

- Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
<b>C1</b>	<b>Aula normal</b>	0,8	1
	<b>Sala de profesores</b>	0,8	1
	<b>Biblioteca</b>	0,8	1
	<b>Baños</b>	0,4	1
	<b>Laboratorio</b>	0,7	1
	<b>Aula informática</b>	0,7	1
	<b>Aula arte y dibujo técnico</b>	0,7	1
	<b>Pasillo</b>	1	1
	<b>Alumbrado de emergencia</b>	1	1

Tabla 2. Criterios de funcionamiento iluminación colegio



- Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C2	Aula normal	1	0,25
	Sala de profesores	0,5	0,2
	Biblioteca	1	0,25
	Baños	0,4	0,1
	Laboratorio	0,75	0,2
	Aula informática	1	0,25
	Aula arte y dibujo técnico	0,2	0,2

Tabla 3. Criterios de funcionamiento receptores colegio

c. Hotel vitivinícola:

Los criterios establecidos para el hotel se basan de acuerdo al funcionamiento del mismo, al no tener unos criterios básicos como con la vivienda, establecemos unos propios en función de los factores de simultaneidad y de utilización de los circuitos interiores. Éstos son los siguientes: C1 (iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

- Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C1	Vestíbulo	0,8	0,5
	Bar - cocina	0,8	0,8
	Comedor	0,4	0,5
	HABITACIONES (36h 2p, 21h 3p) edificio 1	0,7	0,3
	HABITACIONES (24h 2p, 12h 3p) edificio 2	0,7	0,3
	Pasadizo/planta 1/edificio 1	0,5	0,3
	Pasadizo/planta 2/edificio 1	0,5	0,3
	Pasadizo/planta 3/edificio 1	0,5	0,3
	Pasadizo/planta 1/edificio 2	0,5	0,3
	Pasadizo/planta 2/edificio 2	0,5	0,3
	Pasadizo/planta 3/edificio 3	0,5	0,3
	Cúpula	0,7	0,4
	Baños	0,5	0,3
	Alumbrado de emergencia	1	1

Tabla 4. Criterios de funcionamiento iluminación hotel

- Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C2	Vestíbulo	0,8	0,3
	Bar - cocina	0,8	0,5
	Cocina	0,8	0,5
	HABITACIONES (36h 2p, 21h 3p) edificio 1	0,7	0,3
	HABITACIONES (24h 2p, 12h 3p) edificio 2	0,7	0,3
	Pasadizo/planta 1/edificio 1	0,4	0,2
	Pasadizo/planta 2/edificio 1	0,4	0,2
	Pasadizo/planta 3/edificio 1	0,4	0,2
	Pasadizo/planta 1/edificio 2	0,4	0,2
	Pasadizo/planta 2/edificio 2	0,4	0,2
	Pasadizo/planta 3/edificio 3	0,4	0,2
	Cúpula	0,2	0,1
	Baños	0,4	0,3

Tabla 5. Criterios de funcionamiento receptores hotel

d. Laboratorio:

El reglamento no establece criterios básicos para los diferentes tipos de edificios, por ese motivo nos basaremos en nuestros criterios propios para el funcionamiento de los circuitos interiores, esto está supeditado a cambios si se requiere. Los circuitos interiores son los siguientes: C1 (Iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

- Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
C1	Vestíbulo	0,8	0,5
	Comedor	0,7	0,3
	Laboratorio planta 1	0,8	0,8
	Laboratorio planta 2	0,8	0,8
	Laboratorio planta 3	0,8	0,8
	Pasadizo planta 1	0,5	0,3
	Pasadizo planta 2	0,5	0,3
	Pasadizo planta 3	0,5	0,3
	Baños (6)	0,5	0,2
	Alumbrado de emergencia	1	1

Tabla 6. Criterios de funcionamiento iluminación laboratorio

- Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
<b>C2</b>	Vestíbulo	0,7	0,3
	Comedor	0,5	0,3
	Laboratorio planta 1	0,8	0,3
	Laboratorio planta 2	0,8	0,3
	Laboratorio planta 3	0,8	0,3
	Pasadizo planta 1	0,5	0,1
	Pasadizo planta 2	0,5	0,1
	Pasadizo planta 3	0,5	0,1
	Baños	0,2	0,3

Tabla 7. Criterios de funcionamiento receptores laboratorio

e. Auditorio:

Se basará en el criterio propio ya que el reglamento no establece unos criterios para este tipo de edificios, por lo cual, los circuitos interiores del auditorio se basará el funcionamiento de acuerdo a los factores de simultaneidad y de utilización. Los circuitos interiores son los siguientes: C1 (Iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

- Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
<b>C1</b>	Recepción	0,8	0,3
	Vestíbulo	0,8	0,3
	Aseo hombre	0,5	0,3
	Aseo mujer	0,5	0,3
	Oficinas	0,8	0,5
	Servicios técnicos	0,5	0,3
	Baños camerino hombre	0,5	0,3
	Baños camerino mujer	0,5	0,3
	Camerinos hombres	0,8	0,2
	Camerinos mujer	0,8	0,2
	Pasillo	0,5	0,7
	Escenario	0,8	0,3
	Platea	0,8	0,2
	Pasillo escenario	0,5	0,3
	Alumbrado de emergencia	1	1

Tabla 8. Criterios de funcionamiento iluminación auditorio

- Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
<b>C2</b>	Recepción	0,9	0,4
	Vestíbulo	0,8	0,3
	Aseo hombre	0,5	0,3
	Aseo mujer	0,5	0,3
	Oficinas	1	0,6
	Servicios técnicos	0,7	0,3
	Baños camerino hombre	0,5	0,3
	Baños camerino mujer	0,5	0,3
	Camerinos hombres	0,5	0,4
	Camerinos mujer	0,5	0,4
	Pasillo	0,5	0,3
	Escenario	0,7	0,3
	Platea	0,5	0,2
	Pasillo escenario	0,5	0,3

Tabla 9. Criterios de funcionamiento receptores auditorio

f. Terciario:

Para los edificios destinados al comercio en la zona terciaria, el procedimiento es el mismo que para con los demás edificios tipos a excepción de la vivienda. Los circuitos interiores son los siguientes: C1 (Iluminación) y C2 (Tomas de uso general).

- Iluminación:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
<b>C1</b>	Planta baja	0,8	0,7
	Oficinas	0,8	0,5

Tabla 10. Criterios de funcionamiento iluminación terciario

- Receptores:

Receptor	Estancias	Factor simultaneidad	Factor utilización
<b>C2</b>	Planta baja	0,8	0,65
	oficinas	1	0,5

Tabla 11. Criterios de funcionamiento receptores terciario

Nombrados nuestros criterios, se ha de destacar que estos cálculos se han llevado a cabo con una hoja de cálculo de Excel, por lo tanto, si fuere el caso que hemos aplicado algún criterio no correcto, únicamente habría que modificarlo y se podría seguir con el proyecto sin ningún problema.

#### 4.1.2- Necesidad energética de una vivienda tipo

Para conocer la carga de una vivienda hemos elaborado una tabla de Excel. Dentro de esta tabla se han definido los diferentes circuitos de la vivienda, para poder así conocer la potencia necesaria que hará falta.

- Se han definido los diferentes circuitos:

C1 Iluminación: Para la elaboración de este circuito, nos hemos guiado por la potencia que nos ha marcado el programa dialux. Previamente introducimos por REBT los 200 W por toma que exige el reglamento, pero luego se tomó en cuenta que se podría conseguir mucha más iluminación con una menor potencia. Por lo tanto, elaboramos mediante el programa dialux el plano en 3D de la vivienda y conseguimos así la potencia prevista por este primer circuito C1. Obviamente esta potencia sería la potencia a plena carga, por esta razón, introduciendo los coeficientes de simultaneidad y de utilización, hemos previsto la carga final del circuito C1.

C2 Tomas de uso general: Este circuito cubre las necesidades del frigorífico de la vivienda, se ha previsto como potencia del circuito (Por reglamento) 3450 W. En este caso lo que si hemos modificado son los factores de simultaneidad y de utilización. Por lo tanto hemos conseguido una potencia prevista final para C2.

C3 Cocina y horno: Según el plano interior de la vivienda en la zona del cuarto de cocina, habrá una toma para el horno y cocina con una potencia prevista de 5400 W de acuerdo al reglamento de baja tensión, esta potencia se modificará debido a los factores de simultaneidad y de utilización, obteniendo así una potencia prevista final para el circuito C3.

C4 Lavadora y lavavajillas: Este circuito de distribución interna estará instalado en el cuarto de lavado y tendrá un potencia prevista por toma de 3450 W según el reglamento de baja tensión, al no entrar en funcionamiento permanentemente y aplicando unos factores de simultaneidad y de utilización se obtendrá un potencia prevista final para el circuito C4.

C5 Baño y cuarto de cocina: Este circuito de distribución interna ubicado en el lavabo y según plano de la vivienda habrá uno por lavabo con una potencia prevista por toma de 3450 W, pero no

estarán en funcionamiento permanente, por lo tanto, aplicando unos factores de simultaneidad y de utilización obtendremos una potencia prevista final para el circuito de C5.

A continuación se muestra una tabla con la potencia y coeficientes para cada circuito interior de la vivienda.

VIVIENDA TIPO							
Receptor	Circuito de utilización	Número o tomas	Potencia (W)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)	Factor simultaneidad	Factor de utilización
C1	Iluminación	34	13,8	168,91	2.300	0,72	0,5
C1	Iluminación	6	14	30,24	2.300	0,72	0,5
C1	Iluminación	5	42	75,6	2.300	0,72	0,5
C2	Tomas de uso general (frigorífico)	13	3.450	897	3.680	0,1	0,2
C3	Cocina y horno	1	5.400	2.025	5.750	0,5	0,75
C4	Lavadora y lavavajillas	2	3.450	1.380	4.600	0,5	0,4
C5	Baño y cuarto de cocina	2	3.450	276	4.600	0,4	0,1
Potencia total vivienda tipo				4.852,75	17.871		
Potencia total 688 viviendas				3.338.693,4	12.295.248		

Tabla 12. Circuitos interiores de la vivienda tipo

#### 4.1.3- Necesidad energética centro terciario tipo

Para la previsión de cargas de los centros terciarios hemos realizado el estudio de receptores previstos de un terciario y realizado la iluminación por dialux del establecimiento. Con la suma de las dos cargas, podemos prever cual será la carga final del terciario tipo.

Iluminación: Para la iluminación hemos realizado mediante el programa dialux una iluminación basados en tipos LED, una planta baja general con una separación para oficinas. Como hemos comentado, nos sabemos ni el tipo de terciario que será, ni la distribución que tendrá finalmente. Por lo tanto, sumando la potencia de todas las luminarias y aplicando los factores de simultaneidad y de utilización, hemos conseguido saber la carga de iluminación del terciario tipo.

Receptores: Para los receptores se han estipulado tomas de uso general tanto para la primera planta como las oficinas con una potencia prevista de 3450 W, al no saber la distribución interior se ha estimado el número de receptores. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo.

A continuació se mostra una taula con la potència de cada circuit en funció de los factors aplicados.

- Il·luminació:

ILUMINACIÓN								
Estancias	Nº Receptores	Potencia (W)	Coeficiente	Potencia (W)	Nº Estancias totales	Potencia prevista (W)	Factor simultaneidad	Factor utilización
Planta baja	168	70	1	11.760	1	6.585,6	0,8	0,7
Oficinas	210	13	1	2.730	3	3.276	0,8	0,5
				14.490		9.861,6		

comprenden los circuitos interiores C2 y C5. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo.

A continuación se muestra una tabla con la potencia de cada circuito en función de los factores aplicados.

- Iluminación:

ILUMINACIÓN								
Estancias	Nº Receptores	Potencia (W)	Coeficiente	Potencia (W)	Nº Estancias totales	Potencia Iluminación (W)	Factor simultaneidad	Factor utilización
Aula normal	9	42	1	378	15	4.536	0,8	1
Sala de profesores	9	42	1	378	3	907,2	0,8	1
Biblioteca	22	13	1	286	1	228,8	0,8	1
	20	35	1,8	1.260	1	1.008		
Baños	5	19,18	1	95,9	9	345,24	0,4	1
Laboratorio	15	42	1	630	5	2.205	0,7	1
Aula informática	9	42	1	378	5	1.323	0,7	1
Aula arte y dibujo técnico	26	42	1	1.092	1	764	0,7	1
Pasillo	24	13	1	312	15	4.680	1	1
Alumbrado de emergencia	85	8	1	680	1	680	1	1
				<b>5.489,9</b>				
								<b>16.677,64</b>

Tabla 15. Circuitos interiores de iluminación colegio

- Receptores:

RECEPTORES										
Estancias	Nº Receptores	Potencia por toma (W)	Coeficiente	Factor simultaneidad	Factor utilización	Potencia (W)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)	Nº Estancias totales	Potencia total (W)
Aula normal	4	3450	1	1	0,25	3450	3450	3680	15	51750
Sala de profesores	3	3450	1	0,5	0,2	3450	1035	3680	3	3105
Biblioteca	8	3450	1	1	0,25	3450	6900	3680	1	6900
Baños	1	3450	1	0,4	0,1	3450	138	3680	9	1242
Laboratorio	6	3450	1	0,75	0,2	3450	3105	3680	5	15525
Aula informática	12	3450	1	1	0,25	3450	10350	3680	5	51750
Aula arte y dibujo técnico	4	3450	1	0,2	0,2	3450	552	3680	1	552
						<b>24150</b>	<b>25530</b>	<b>25760</b>		
										<b>130824</b>

Tabla 16. Circuitos interiores de receptores colegio



#### 4.1.5- Necesidad energética hotel tipo

Para la previsión de cargas del hotel vitivinícola hemos realizado el estudio de receptores previstos y realizado la iluminación por dialux. Con la suma de las dos cargas, podemos prever cual será la carga final del hotel vitivinícola tipo.

Iluminación: Para la iluminación hemos realizado mediante el programa dialux una iluminación basados en tipos LED, haciendo una iluminación tipo para vestíbulo, bar-cocina, 2 tipos de habitaciones, pasillos, cúpula central, baños y alumbrado de emergencia. Como hemos comentado, no sabemos la distribución que tendrá finalmente. Por lo tanto, sumando la potencia de todas las luminarias y aplicando los factores de simultaneidad y de utilización, hemos conseguido saber la carga de iluminación del hotel tipo. Comentar que para la cúpula central se ha dispuesto de una iluminación secundaria LED ya que tiene una entrada de luz central provista por una cristalera central que proporcionará luz natural a toda la cúpula.

Receptores: Para los receptores se han utilizado tomas de uso general para las habitaciones, pasadizos, vestíbulo, etc. los baños tendrán su propia toma así como la cocina. Los receptores instalados en el hotel comprenden los circuitos interiores C2, C3 y C5. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo.

A continuación se muestra una tabla con la potencia de cada circuito en función de los factores aplicados.

- Iluminación:

ILUMINACIÓN								
Estancias	Nº Receptores	Potencia (W)	Coeficiente	Potencia total (W)	Nº Estancias totales	Potencia iluminación (W)	Factor simultaneidad	Factor utilización
Vestíbulo	20	70	1	1.400	1	525	0,8	0,5
Bar - cocina	24	45	1	1.080	1	648	0,8	0,8
Comedor	15	45	1	675	1	135	0,4	0,5
HABITACIONES (36h 2p, 21h 3p) edificio 1	10	13	1	130	57	1.296,8	0,7	0,3
HABITACIONES (24h 2p, 12h 3p) edificio 2	10	13	1	130	36	819	0,7	0,3
Pasadizo/planta 1/edificio 1	30	13	1	378	1	47,3	0,5	0,3
Pasadizo/planta 2/edificio 1	30	13	1	378	1	47,3	0,5	0,3
Pasadizo/planta 3/edificio 1	22	13	1	277	1	34,7	0,5	0,3
Pasadizo/planta 1/edificio 2	18	13	1	227	1	28,4	0,5	0,3
Pasadizo/planta 2/edificio 2	18	13	1	227	1	28,4	0,5	0,3
Pasadizo/planta 3/edificio 3	13	13	1	164	1	20,5	0,5	0,3
Cúpula	440	13	1	5.720	1	1.487,2	0,7	0,4
Baños	2	13	1	26	93	302,3	0,5	0,3
Alumbrado de emergencia	15	8	1	120	1	120	1	1
				<b>10.931,6</b>				
								<b>5.539,5</b>

Tabla 17. Circuitos interiores de iluminación hotel

- Receptores:

RECEPTORES										
Estancias	Nº Receptores	Potencia por toma (W)	Coefficiente	Factor simultaneidad	Factor utilización	Potencia total (W)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)	Nº Estancias totales	Potencia total (W)
Vestíbulo	5	3.450	1	0,8	0,3	3.450	3.450	3.680	1	3.450
Bar - cocina	6	3.450	1	0,8	0,5	3.450	7.762,5	3.680	1	7.763
Cocina	8	5.400	1	0,8	0,5	5.400	17.280	5.750	1	17.280
HABITACIONES (36h 2p, 21h 3p) edificio 1	4	3.450	1	0,7	0,3	3.450	4.830	3.680	57	275.310
HABITACIONES (24h 2p, 12h 3p) edificio 2	4	3.450	1	0,7	0,3	3.450	2.415	3.680	36	86.940
Pasadizo/planta 1/edificio 1	3	3.450	1	0,4	0,2	3.450	828	3.680	1	828
Pasadizo/planta 2/edificio 1	3	3.450	1	0,4	0,2	3.450	828	3.680	1	828
Pasadizo/planta 3/edificio 1	2	3.450	1	0,4	0,2	3.450	552	3.680	1	552
Pasadizo/planta 1/edificio 2	3	3.450	1	0,4	0,2	3.450	828	3.680	1	828
Pasadizo/planta 2/edificio 2	3	3.450	1	0,4	0,2	3.450	828	3.680	1	828
Pasadizo/planta 3/edificio 3	2	3.450	1	0,4	0,2	3.450	552	3.680	1	552
Cúpula	5	3.450	1	0,2	0,1	3.450	345	3.680	1	345
Baños	1	3.450	1	0,4	0,3	3.450	345	3.680	93	32.085
						46.800	40.843,5	49.910		427.589

Tabla 18. Circuitos interiores de receptores hotel

#### 4.1.6- Necesidad energética Laboratorio tipo

Para la previsión de cargas del laboratorio hemos realizado el estudio de receptores previstos y realizado la iluminación por dialux. Con la suma de las dos cargas, podemos prever cual será la carga final del laboratorio tipo.

Iluminación: Para la iluminación hemos realizado mediante el programa dialux una iluminación basados en tipos LED, haciendo una iluminación tipo para vestíbulo, comedor, laboratorios tipo, pasillos, baños y alumbrado de emergencia. Como hemos comentado, no sabemos la distribución que tendrá finalmente. Por lo tanto, sumando la potencia de todas las luminarias y aplicando los factores de simultaneidad y de utilización, hemos conseguido saber la carga de iluminación del laboratorio tipo.

Receptores: Para los receptores se han utilizado tomas de uso general para los laboratorios, pasadizos, vestíbulo, comedor, los baños tendrán su propia toma. Los receptores instalados en el

laboratorio comprenden los circuitos interiores C2 y C5. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo.

A continuación se muestra una tabla con la potencia de cada circuito en función de los factores aplicados.

- Iluminación:

ILUMINACIÓN						
Estancias	Nº Receptores	Potencia (W)	Coeficiente	Potencia total (W)	Factor simultaneidad	Factor utilización
Vestíbulo	20	70	1	525	0,8	0,5
Comedor	15	45	1	118,1	0,7	0,3
Laboratorio planta 1	16	44	1	422,4	0,8	0,8
Laboratorio planta 2	32	44	1	844,8	0,8	0,8
Laboratorio planta 3	32	44	1	844,8	0,8	0,8
Pasadizo planta 1	15	44	1	82,5	0,5	0,3
Pasadizo planta 2	15	44	1	82,5	0,5	0,3
Pasadizo planta 3	12	44	1	66	0,5	0,3
Baños (6)	12	13	1	15,6	0,5	0,2
Alumbrado de emergencia	17	8	1	136	1	1
				3.137,7		

Tabla 19. Circuitos interiores de iluminación laboratorio

- Receptores:

RECEPTORES								
Estancias	Nº Receptores	Potencia por toma (W)	Coeficiente	Factor simultaneidad	Factor utilización	Potencia total (W)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)
Vestíbulo	4	3.450	1	0,7	0,3	13.800	2.415	3.680
Comedor	3	3.450	1	0,5	0,3	10.350	1.293,8	3.680
Laboratorio planta 1	7	3.450	1	0,8	0,3	24.150	4.830	3.680
Laboratorio planta 2	8	3.450	1	0,8	0,3	27.600	5.520	3.680
Laboratorio planta 3	6	3.450	1	0,8	0,3	20.700	4.140	3.680
Pasadizo planta 1	3	3.450	1	0,5	0,1	10.350	517,5	3.680
Pasadizo planta 2	2	3.450	1	0,5	0,1	6.900	345	3.680
Pasadizo planta 3	3	3.450	1	0,5	0,1	10.350	517,5	3.680
Baños	6	3.450	1	0,2	0,3	20.700	1.035	3.680
						144.900	20.613,8	33.120

Tabla 20. Circuitos interiores de receptores laboratorio

#### 4.1.7- Necesidad energética Auditorio tipo

Para la previsión de cargas del auditorio hemos realizado el estudio de receptores previstos y realizado la iluminación por dialux. Con la suma de las dos cargas, podemos prever cual será la carga final del hotel vitivinícola tipo.

Iluminación: Para la iluminación hemos realizado mediante el programa dialux una iluminación basados en tipos LED, haciendo una iluminación tipo para vestíbulo, baños, oficinas, servicios técnicos, baños camerinos, camerinos, pasillos, escenario, platea, pasillo escenario y alumbrado de emergencia. Como hemos comentado, no sabemos la distribución que tendrá finalmente. Por lo tanto, sumando la potencia de todas las luminarias y aplicando los factores de simultaneidad y de utilización, hemos conseguido saber la carga de iluminación del auditorio tipo.

Receptores: Para los receptores se han utilizado tomas de uso general para los pasillos, pasillos, vestíbulo, etc., los baños tendrán su propia toma. Los receptores instalados en el auditorio comprenden los circuitos interiores C2 y C5. Por lo tanto se sumaran las potencias de los receptores y aplicando los coeficientes de simultaneidad y de utilización, se conseguirá la potencia final para el terciario tipo.

A continuación se muestra una tabla con la potencia de cada circuito en función de los factores aplicados.

- Iluminación:

ILUMINACIÓN						
Estancias	Nº Receptores	Potencia (W)	Coeficiente	Potencia total (W)	Factor simultaneidad	Factor utilización
Recepción	24	42	1	189	0,8	0,3
Vestíbulo	24	23	1	103,5	0,8	0,3
Aseo hombre	12	14	1	20,7	0,5	0,3
Aseo mujer	12	14	1	20,7	0,5	0,3
Oficinas	24	42	1	403,2	0,8	0,5
Servicios técnicos	15	42	1	78,8	0,5	0,3
Baños camerino hombre	12	14	1	20,7	0,5	0,3
Baños camerino mujer	12	14	1	20,7	0,5	0,3
Camerinos hombres	15	23	1	51,8	0,8	0,2
Camerinos mujer	15	23	1	51,8	0,8	0,2
Pasillo	11	14	1	53,1	0,5	0,7
Escenario	20	167	1,8	1.202,4	0,8	0,3
Platea	49	47	1	368,5	0,8	0,2
Pasillo escenario	26	47	1	152,8	0,5	0,3
Alumbrado de emergencia	15	8	1	120	1	1
				<b>2.857,5</b>		

Tabla 21. Circuitos interiores de iluminación auditorio

- Receptores:

RECEPTORES								
Estancias	Nº Receptores	Potencia por toma (W)	Coeficiente	Factor simultaneidad	Factor utilización	Potencia total (W)	Potencia prevista (W)	Potencia máxima admisible (W)
Recepción	5	3.450	1	0,9	0,4	17.250	6.210	3.680
Vestíbulo	5	3.450	1	0,8	0,3	17.250	3.450	3.680
Aseo hombre	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3.680
Aseo mujer	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3.680
Oficinas	10	3.450	1	1	0,6	34.500	20.700	3.680
Servicios técnicos	4	3.450	1	0,7	0,3	13.800	2.415	3.680
Baños camerino hombre	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3.680
Baños camerino mujer	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3.680
Camerinos hombres	3	3.450	1	0,5	0,4	10.350	2.070	3.680
Camerinos mujer	3	3.450	1	0,5	0,4	10.350	2.070	3.680
Pasillo	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3.680
Escenario	4	3.450	1	0,7	0,3	13.800	2.415	3.680
Platea	3	3.450	1	0,5	0,2	10.350	1.035	3.680
Pasillo escenario	2	3.450	1	0,5	0,3	6.900	862,5	3.680
						<b>169.050</b>	<b>45.540</b>	<b>51.520</b>

Tabla 22. Circuitos interiores de receptores auditorio

En el apartado anexos, punto A, se encuentran los documentos de la distribución de las luminarias de los edificios tipo realizado mediante el software Dialux.

## 4.2- Estudio de la Energía Térmica de la Smart City

Para poder conocer de antemano la necesidad térmica que tendrá la Smart City, previamente tendremos que analizar todas las cargas térmicas que prevemos que tendrá la ciudad.

Para conocer la carga térmica, se ha realizado el estudio de las cargas térmicas con el Programa CYPE de una vivienda tipo y un terciario.

Gracias al software CYPE hemos podido realizar, por una parte, una vivienda tipo y poder configurar los cerramientos de la misma. Se ha pensado en una vivienda bien aislada, que provoque unas necesidades mínimas de electricidad y que nos proporcione las mejores calidades de calefacción y refrigeración simplemente con un aislamiento idóneo.

Para el resto de la ciudad, al no disponer de los planos interiores de centro escolar, hotel, etc. Hemos buscado la forma de extrapolar los valores de las cargas térmicas por  $\text{m}^2$  de un centro terciario comercial. Gracias al valor de ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) que ha proporcionado el programa CYPE, se ha realizado el cálculo de los  $\text{m}^2$  de cada estancia por el valor de  $\text{W}$  y así poder prever las necesidades térmicas de toda la ciudad.

#### 4.2.1- Criterios del estudio

Como se ha comentado, hemos seguido una serie de criterios propios para poder calcular las cargas térmicas, a continuación se destacarán:

##### 1- Vivienda tipo:

- Para el suelo de la vivienda se ha escogido un suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor, entarimado tradicional sobre rastreles.
- Como fachada se ha escogido una fachada ventilada con placas cerámicas.
- Para la separación de las habitaciones se ha escogido un tabique de una hoja con trasdosado en ambas caras.
- Como techo un falso techo continuo de placas de escayola, mediante estopadas colgantes de losa maciza.

##### 2- Terciario:

- Para el cerramiento exterior del edificio se ha decidido poner una fachada para revestir con piedra natural, de hoja de fábrica, con trasdosado auto portante.
- Para el suelo hemos escogido un forjado sanitario.
- Para los tabiques se ha escogido un tipo de tabique de una hoja con trasdosado en ambas caras.
- Para la cubierta se ha escogido una cubierta plana no transitable, no ventilada, deck, impermeabilización mediante láminas asfálticas. (Losa maciza).

Estos documento se encuentran en el anexo B.

##### Otros:

- Para realizar el resto de establecimientos de la ciudad como hotel escuela, se han cogido los  $\text{W}/\text{m}^2$  que nos ha proporcionado el terciario del dialux de calefacción y refrigeración. Con este dato y sabiendo los  $\text{m}^2$  de cada establecimiento, hemos podido aproximar el valor de refrigeración y calefacción necesario.



#### 4.2.2- Necesidad Servicios ACS totales

De igual manera que se ha hecho para conocer las cargas térmicas de climatización, se ha procedido a calcular las cargas necesarias para saber los servicios de ACS necesarios.

Para realizar el cálculo hemos registrado las temperaturas del agua de la red anual de Vilafranca del Penedès.

- Temperatura del agua de la red de Vilafranca del Penedès:

Temperatura del agua de la red de Vilafranca del Penedès												
ME S	Ener o	Febrer o	Marz o	Abri l	May o	Juni o	Juli o	Agost o	Setiembr e	Octubr e	Noviembr e	Diciembr e
°C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10

Tabla 23. Temperatura del agua de red anual de Vilafranca del Penedès

Una vez conocida las temperaturas, mediante la siguiente fórmula se determinarán la demanda de ACS de cada edificio de la ciudad:

$$Demanda\ ACS = V_{acs} * (T_{uso} - T_{ext}) * \rho * C_e \quad [1]$$

Ecuación 1. Cálculo de la demanda de ACS

Los datos de litros de ACS para cada tipo de establecimiento los hemos calculado según la tabla HE 4.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	Por persona
Viviendas multifamiliares	22	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por cama
Hotel ****	70	Por cama
Hotel ***	55	Por cama
Hotel/Hostal **	40	Por cama
Camping	40	Por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	Por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	55	Por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	Por servicio
Escuelas	3	Por alumno
Cuarteles	20	Por persona
Fábricas y talleres	15	Por persona
Administrativos	3	Por persona
Gimnasios	20 a 25	Por usuario
Lavanderías	3 a 5	Por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	Por comida
Cafeterías	1	Por almuerzo

Tabla 24. Demanda de referencia de litros por día

#### 4.2.2.1 Demanda de ACS vivienda tipo

Para el uso residencial, el cálculo del número de personas por vivienda se basa en el número de dormitorios de la misma, en este caso cada vivienda tiene 3 habitaciones (ver plano), por lo tanto, se corresponde con 4 personas por vivienda. Tomaremos como criterio mínimo este número de personas para el posterior dimensionamiento de la demanda de ACS, esto puede variar en función del número de personas así como la demanda de ACS.

Nº dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Nº personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº dormitorios

Tabla 25. Referencia de personas en función del número de dormitorios

La ciudad contará con viviendas multifamiliares repartidas por todo el territorio con un total de 688 viviendas, de acuerdo a lo estipulado por el documento básico HE, apartado HE 4, cada vivienda tiene 3 habitaciones, con lo cual se ha previsto un total de 4 personas por vivienda.

- Edificio A

El edificio está comprendido por 33 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio A} = 33 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 132 \text{ personas}$$

- Edificio B

El edificio está comprendido por 33 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio B} = 33 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 132 \text{ personas}$$

- Edificio C

El edificio está comprendido por 78 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio C} = 78 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 312 \text{ personas}$$

- Edificio D

El edificio está comprendido por 78 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio D} = 78 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 312 \text{ personas}$$

- Edificio E

El edificio está comprendido por 56 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio D} = 56 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 224 \text{ personas}$$

- Edificio F

El edificio está comprendido por 56 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio F} = 56 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 224 \text{ personas}$$

- Edificio G

El edificio está comprendido por 55 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio G} = 55 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 220 \text{ personas}$$

- Edificio H

El edificio está comprendido por 55 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio H} = 55 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 220 \text{ personas}$$

- Edificio I

El edificio está comprendido por 40 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio I} = 40 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 160 \text{ personas}$$

- Edificio J

El edificio está comprendido por 40 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio J} = 40 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 160 \text{ personas}$$

- Edificio K

El edificio está comprendido por 51 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio K} = 51 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 204 \text{ personas}$$

- Edificio L

El edificio está comprendido por 31 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio L} = 31 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 124 \text{ personas}$$

- Edificio M

El edificio está comprendido por 31 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio M} = 31 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 124 \text{ personas}$$

- Edificio N

El edificio está comprendido por 49 viviendas, por lo tanto:

$$\text{Edificio N} = 49 \text{ viviendas} * 4 \text{ personas} = 196 \text{ personas}$$

El número de personas del conjunto de las viviendas multifamiliares de la ciudad es:

$$\text{Total} = 2744 \text{ personas}$$

El número total de personas es una estimación que se ha realizado en función de la tipología de la vivienda que establece 4 personas por 3 dormitorios, se establecerá como base este sistema, ya que se desconoce realmente las personas que vivirán.

Como se ha mencionado anteriormente en cada vivienda vivirán 4 personas de acuerdo al número de habitaciones de la misma.

#### **4.2.2.2 Demanda de ACS terciario tipo**

Para la demanda de ACS de la zona terciaria, de acuerdo al documento HE 4 se ha estimado para la zona de vestuarios y/o ducha de 15 litros por servicio, se ha dimensionado el consumo para unos 20 trabajadores por centro comercial con un consumo diario de 300 litros. Este consumo puede variar en función de los trabajadores a contratar y/o el factor de simultaneidad, ya que no todos los trabajadores realizarán esta función al mismo tiempo. Este dimensionamiento es la base para los demás centros comerciales supeditado a cambios que puedan realizarse posteriormente.

De acuerdo al plano general de la ciudad, ésta contará en la zona terciaria con 4 edificios destinados al comercio.

#### **4.2.2.3 Demanda de ACS hotel tipo**

Para esta ciudad se ha considerado un hotel, éste tiene 4 plantas con un total de 93 habitaciones, el consumo mínimo es de 55 litros por cama según el documento básico HE 4, de acuerdo a nuestros criterios, este consumo mínimo no es suficiente ya que cada persona tiene diferentes necesidades a la hora de utilizar el ACS, por lo tanto se ha estimado que por cada cama del hotel se tenga un consumo de 100 litros con lo cual el hotel necesitará de 9300 litros para autoabastecerse, estas estimaciones se podrán cambiar en función de cómo quiera el dueño o constructor del hotel los consumos mínimos o máximos por cama.

#### **4.2.2.4 Demanda de ACS colegio tipo**

El colegio está ubicado en el centro de la ciudad "Mas Rabassa", de acuerdo al documento básico, el consumo por alumno es de 3 litros por día, el colegio tendrá 200 alumnos aproximadamente con un consumo de 600 litros, suponiendo en el peor de los casos que todos los alumnos del colegio consuman ACS al mismo tiempo.

#### **4.2.2.5 Demanda de ACS laboratorio tipo**

El laboratorio estará ubicado en la zona vitivinícola, se ha estimado un consumo de 60 litros por servicio, es decir, que habrá 2 franjas horarias de trabajo y por ende el servicio se dobla, con lo cual, el laboratorio necesitará un consumo de 120 litros diarios, estas estimaciones se podrán modificar de acuerdo al gusto del dueño o el constructor del laboratorio.

#### 4.2.2.6 Demanda de ACS auditorio tipo

El auditorio estará ubicado en la zona vitivinícola y tendrá con un consumo total de 60 litros por día. Se ha estimado este consumo ya que en el no todos los días estará abierto al público, estos litros es un mínimo establecido y puede ser cambiado posteriormente.

### 4.3- Necesidad Servicios calefacción totales

Como se ha explicado en el punto 4.2.1, gracias al programa CYPE se ha podido calcular las cargas térmicas de los edificios de la ciudad, al no contar con todos los planos interiores necesarios, hemos estimado la potencia térmica para cada edificio.

A continuación se muestran las cargas térmicas de todo el recinto en función de los metros cuadrados de cada uno.

#### 4.3.1- Necesidad calefacción vivienda tipo

La vivienda consta de 3 dormitorios, cocina, salón comedor y dos baños, la distribución se observa en el plano (anexos), como se ha mencionado anteriormente para poder calcular las cargas térmicas se ha utilizado el programa CYPE, que en función de los metros cuadrados de la misma, ha calculado las cargas térmicas de cada habitáculo tanto para la refrigeración como para la calefacción, dando como resultado una potencia térmica total de una vivienda de 3871, 2 W para la calefacción y para la refrigeración de 3058,5 W.

El número total de viviendas de toda la ciudad es de 688 viviendas con una potencia total de 2,1 MW térmicos para la refrigeración y una potencia de 2,66 MW térmicos para la calefacción.

A continuación se muestra una tabla resumen de la potencia prevista de la vivienda tipo.

Consumo climatización viviendas	Cocina		Dormitorio 1		Dormitorio 2		Dormitorio 3		Baño 1		Baño 2		Vestíbulo/Comedor		Total vivienda	
	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción
Potencia (W)	483,9	271	395,2	552,6	393,6	546,5	425,8	622	0	275,3	0	352,7	1.360	1.251,1	3.058,5	3.871,2
Potencia (W/m2)	102,8	57,6	46,7	65,2	48	66,6	32,1	47	0	86,7	0	87,1	46	42,3	275,6	452,5

Tabla 26. Potencia prevista de la vivienda tipo

Se observa que para la refrigeración en los baños es 0 W, es lógico porque los baños ya de por si son fríos y no es necesario refrigerarlo aún más.

- Potencia prevista total del conjunto de viviendas de la ciudad.

Consumo climatización viviendas	Total Conjunto viviendas	
	Refrigeración	Calefacción
Potencia (W)	2.104.248	2.663.385,6
Potencia (W/m <sup>2</sup> )	275,6	452,5

Tabla 27. Potencia total del conjunto de viviendas

Luego del cálculo de la potencia prevista para la vivienda mediante el programa CYPE, se hará un seguimiento de la calefacción para el día más desfavorable del año, principalmente entre el mes de Enero y Diciembre, en función del día y las horas del día la calefacción ira aumentando y/o disminuyendo de acuerdo a una programación estimada, lo cual irá cambiando según los días del año, como se sabe en verano la demanda será cero.

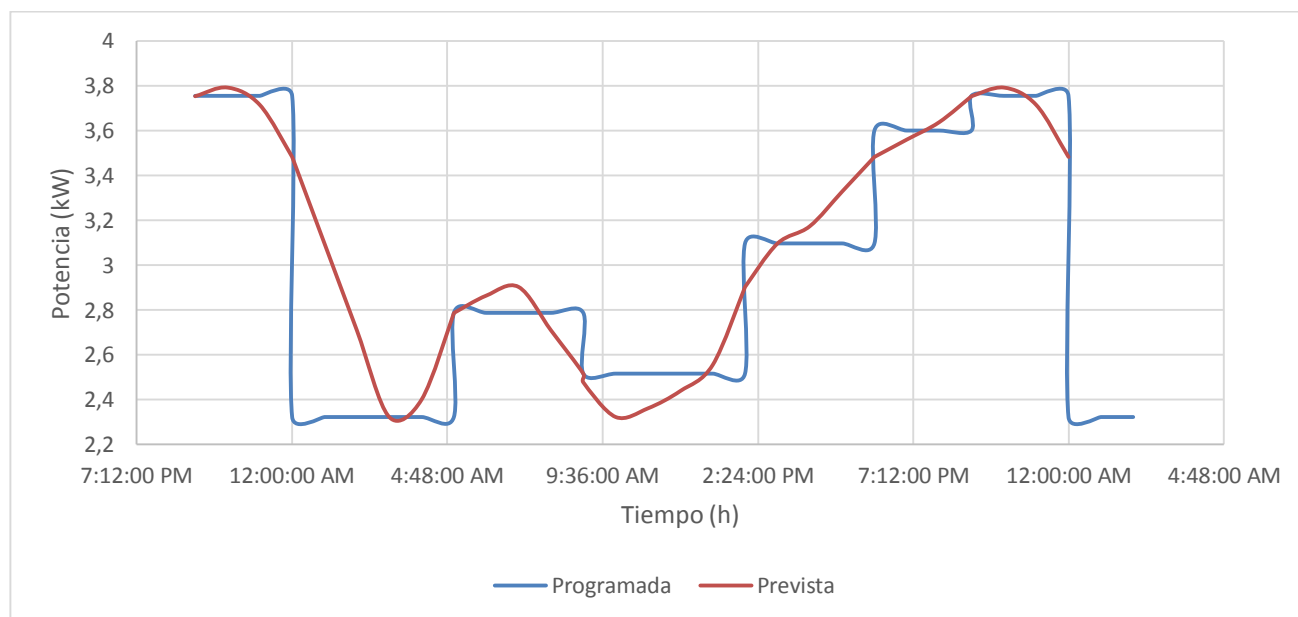


Figura 14. Evolución diaria de la demanda térmica de la vivienda

Se observa que la demanda para la calefacción disminuye durante la madrugada ya que todos los habitáculos de la vivienda no están en funcionamiento y en función en que el día avance la calefacción ira aumentando manteniendo el confort para las personas, estos datos obtenidos son estimaciones, es decir, que pueden variar según la persona considere en función del día o confort se refiere.



#### 4.3.2- Necesidad calefacción terciario tipo

Se ha realizado el mismo procedimiento que para las viviendas pero con la diferencia que al no tener los planos interiores de los edificios para la zona terciaria y mediante el programa CYPE se ha estimado las cargas térmicas del edificio destinado al comercio.

Consumo climatización Terciario	Terciario	
	Refrigeración	Calefacción
Potencia (W)	9.676,9	7.138,7
Potencia (W/m <sup>2</sup> )	82,8	61,1

Tabla 28. Potencia prevista del terciario tipo

Al haber en la ciudad 4 edificios comerciales en la zona terciaria, la carga térmica total de los edificios es de 38,71 kW térmicos para la refrigeración y de 28,55 kW térmicos para la calefacción.

Consumo climatización Terciario	Total Terciario	
	Refrigeración	Calefacción
Potencia (W)	38.707,6	28.554,8
Potencia (W/m <sup>2</sup> )	82,8	61,1

Tabla 29. Potencia total del grupo de edificios destinados al comercio

El mismo procedimiento que en la vivienda tipo, se ha estimado para el día más desfavorable el seguimiento de la demanda de la calefacción del edificio destinado al comercio.

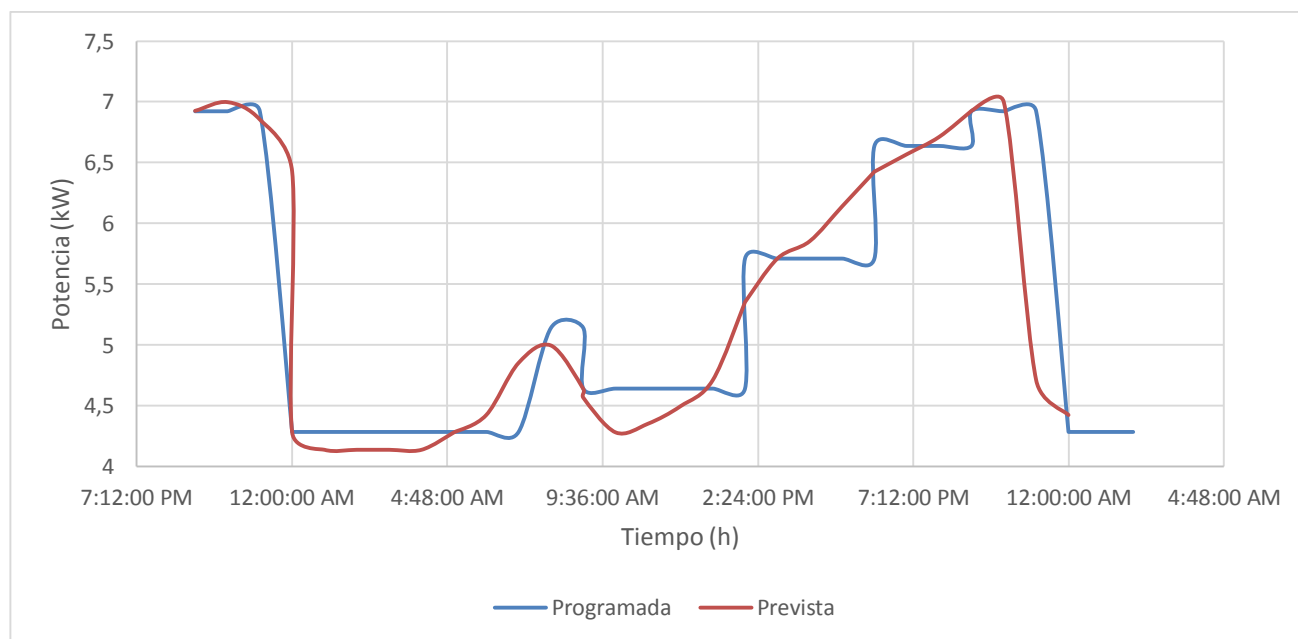


Figura 15. Evolución diaria de la demanda térmica del terciario tipo

La calefacción disminuye durante la madrugada como es obvio e irá aumentando en función que el día avance manteniendo el confort para las personas. Cabe destacar que la demanda del edificio destinado al comercio se asemeja al de la vivienda tipo.

#### 4.3.3- Necesidad calefacción edificios tipo

Se ha realizado el mismo procedimiento para los demás edificios y los resultados obtenidos mediante el programa respecto de los metros cuadrados de cada uno, los datos obtenidos son los siguientes:

Cabe destacar que para los edificios tipos se ha tomado como referencia tanto para calefacción y refrigeración la potencia por vatio cuadrado ( $W/m^2$ ) del edificio del sector terciario, ya que no tenemos las medidas necesarias para poder calcularlo, estos cálculos se han basado en estimaciones a partir del edificio destinado al comercio.

Consumo climatización	Hotel		Colegio		Laboratorio		Auditorio	
	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción
$m^2$	14.878		10.597		4.870		7.632	
Potencia ( $W/m^2$ )	82,8	61,1	82,8	61,1	82,8	61,1	82,8	61,1
Potencia (W)	1.231.898,4	909.045,8	877.431,6	647.476,7	403.236	297.557	631.929,6	466.315,2
	1.231.898,4	909.045,8	877.431,6	647.476,7	403.236	297.557	631.929,6	466.315,2

Tabla 30. Potencia total del grupo de edificios tipos de la ciudad

Se observa que el edificio que más consume es el hotel ya que el área es mayor a los demás según los resultados obtenidos por el programa CYPE.

Para los edificios tipos de la ciudad se estimado también la demanda durante el día más desfavorable para la calefacción.

- Hotel tipo

Se observa en la gráfica que la demanda ira aumentando durante el día progresivamente teniendo un máximo de demanda en la hora punta, esta puede variar en función de cada persona que este hospedado en el hotel pero se establece como una base para cada día.

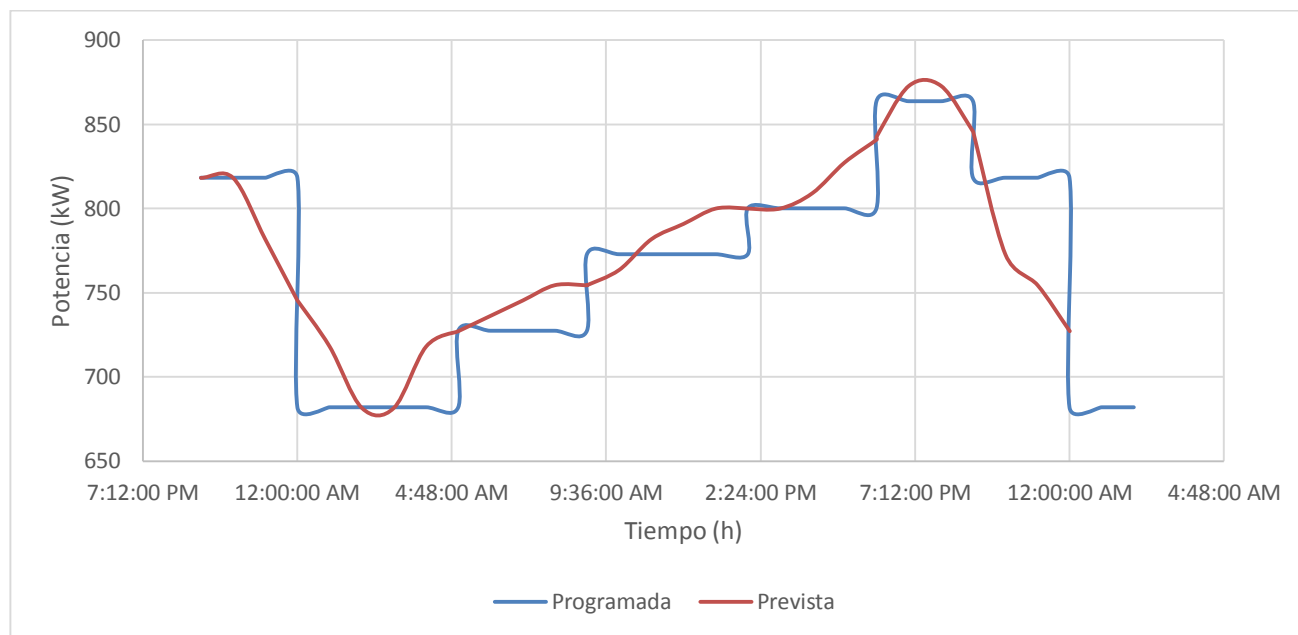


Figura 16. Evolución diaria de la demanda térmica del hotel

- Laboratorio tipo

El periodo de la demanda de la calefacción se asemeja al del hotel, vivienda y terciario teniendo el mismo procedimiento para cada día, irá disminuyendo o aumentando en función en que avance el día llegando a su máximo en la hora punta.

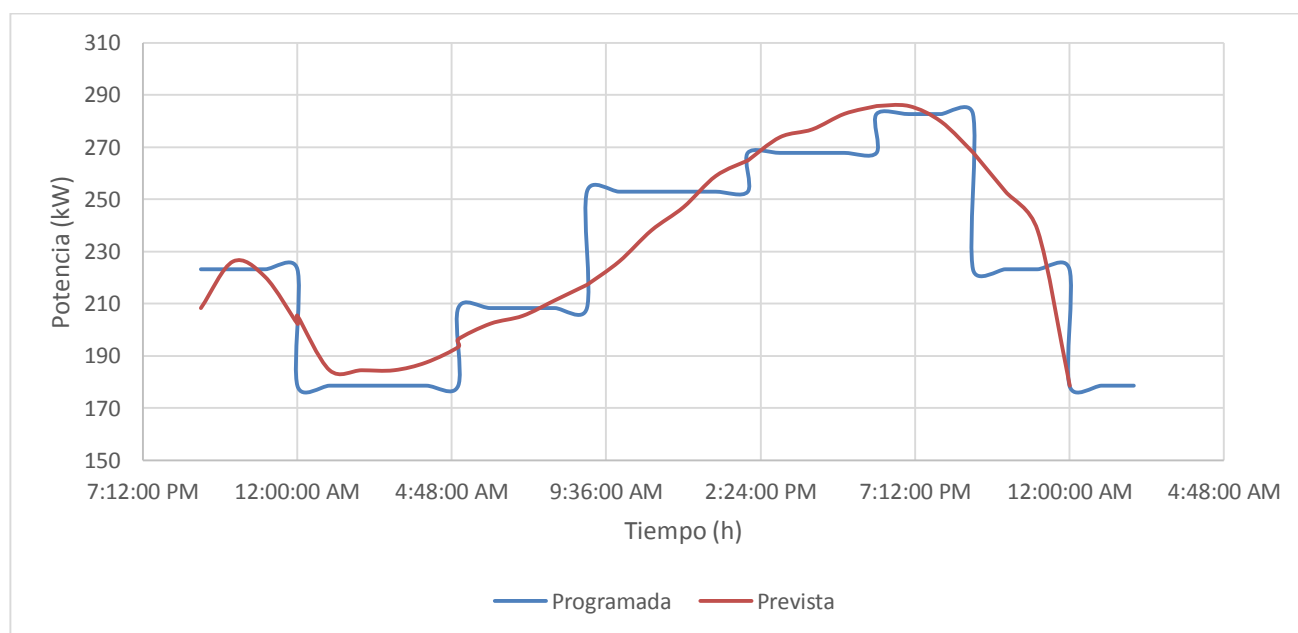


Figura 17. Evolución diaria de la demanda térmica del laboratorio

- Colegio tipo

Para el colegio la calefacción irá aumentando durante el día y llegará a un punto donde se mantendrá constante aproximadamente durante las horas de estudio para mantener el confort de las aulas.

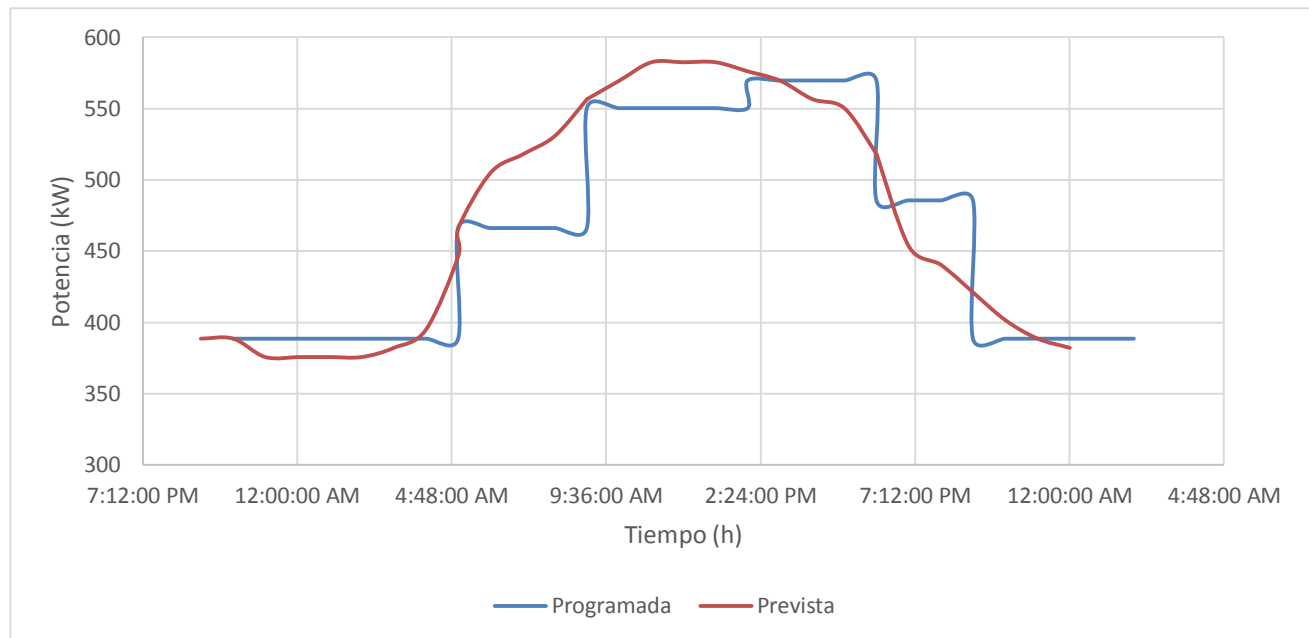


Figura 18. Evolución diaria de la demanda térmica del colegio

- Auditorio tipo

La evolución de la demanda durante el día más desfavorable es el siguiente, ira aumentando en el transcurso del día y llegará a su máximo a una establecida, posteriormente disminuirá hasta repetir el seguimiento día a día en función de la utilización de la calefacción y de las personas.

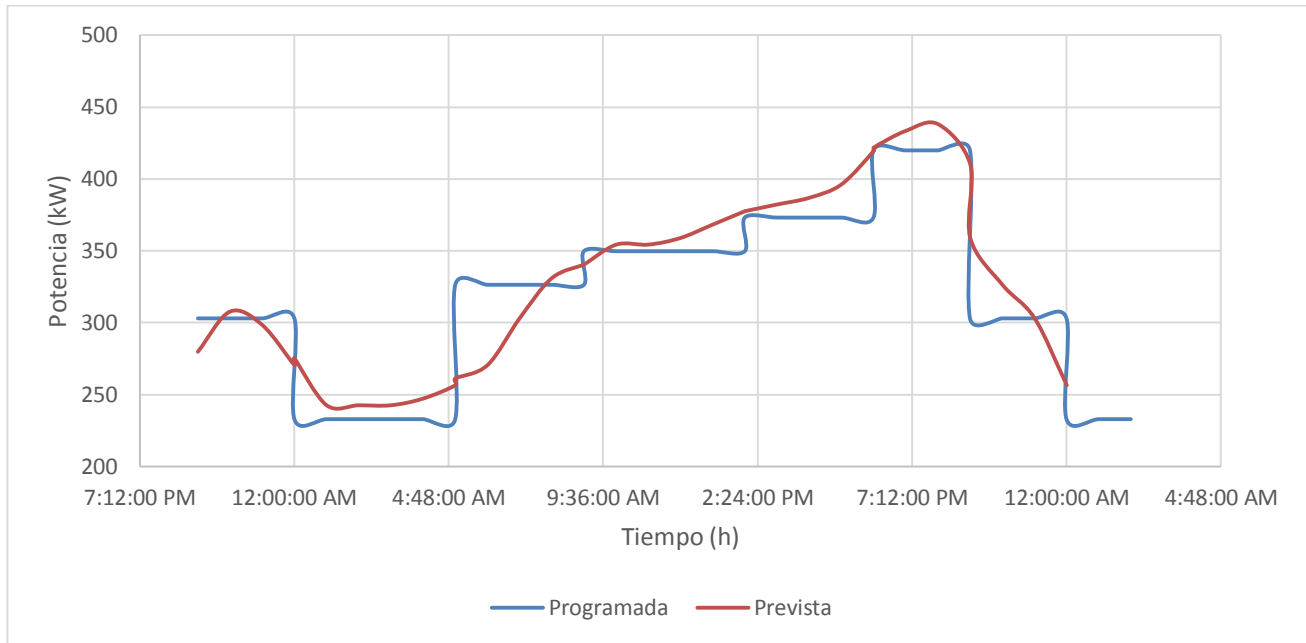


Figura 19. Evolución diaria de la demanda térmica del auditorio

## 4.4 Consumo total de ACS y calefacción

En este punto se determinará el consumo de ACS y calefacción de cada edificio tipo de la ciudad, la cual, nos permitirá saber cómo funcionarían en cada época del año.

### 4.4.1 Calefacción

#### - Vivienda tipo:

Para el cálculo del consumo de calefacción de la vivienda tipo se ha estimado en que esté en funcionamiento durante 22 h diarias en el periodo de invierno e ira disminuyendo en el periodo de verano, esto ha sido posible mediante la ayuda del programa CYPE que nos prevé una potencia para la vivienda. Estos valores son estimados y puede variar en función de cada persona al utilizarlo.

MES	CALEFACCIÓN VIVIENDA		N° Viviendas
	Consumo (kWh)	Potencia (kW)	688
ENERO	2640,16	3,87	1816428,98
FEBRERO	2384,66	3,87	1640645,53
MARZO	1440,09	3,87	990779,44
ABRIL	1045,22	3,87	719114,11
MAYO	0	0	0
JUNIO	0	0	0
JULIO	0	0	0
AGOSTO	0	0	0
SEPTIEMBRE	0	0	0
OCTUBRE	1080,06	3,87	743084,58
NOVIEMBRE	2554,99	3,87	1757834,50
DICIEMBRE	2640,16	3,87	1816428,98
ANUAL (kWh)	13785,34		9484316,12

Tabla 31. Consumo anual de calefacción viviendas

Se ha estimado que el periodo de calefacción en la vivienda tipo comprenda los meses de octubre hasta abril, siendo el mayor consumo de calor los meses de invierno y está supeditado a cambios en función de las necesidades del consumidor.

- Terciario tipo:

Para el consumo de calefacción del terciario se ha estimado un tiempo de funcionamiento de 15 horas diarias en el periodo de invierno y este tiempo ira disminuyendo en el periodo de verano, con la ayuda del programa CYPE que nos da la potencia por metro cuadrado se ha estimado el consumo anual del mismo.

MES	CALEFACCIÓN TERCIARIO		N° Terciarios
	Consumo (kWh)	Potencia (kW)	4
ENERO	2845,28	7,14	11381,13
FEBRERO	2569,93	7,14	10279,73
MARZO	2465,91	7,14	9863,64
ABRIL	2202,8	7,14	8811,2
MAYO	0	0	0
JUNIO	0	0	0
JULIO	0	0	0
AGOSTO	0	0	0
SEPTIEMBRE	0	0	0
OCTUBRE	2276,23	7,14	9104,9
NOVIEMBRE	2569,93	7,14	10279,73
DICIEMBRE	2655,6	7,14	10622,39
ANUAL (kWh)	17585,68		70342,71

Tabla 32. Consumo anual de calefacción terciario tipo

Estos resultados son estimativos ya que se desconoce el consumo real, al no saber qué tiempos establecidos estarán funcionando.

- Colegio tipo:

El consumo se ha obtenido de acuerdo al tiempo de utilización estimado a lo largo del año y la potencia obtenida mediante el programa CYPE.

CALEFACCIÓN COLEGIO			Nº Colegio
MES	Consumo (kWh)	Potencia (kW)	1
ENERO	157706,82	647,48	157706,82
FEBRERO	142444,87	647,48	142444,87
MARZO	143369,84	647,48	143369,84
ABRIL	97121,51	647,48	97121,51
MAYO	0	0	0
JUNIO	0	0	0
JULIO	0	0	0
AGOSTO	0	0	0
SEPTIEMBRE	0	0	0
OCTUBRE	100358,89	647,48	100358,89
NOVIEMBRE	138745,01	647,48	138745,01
DICIEMBRE	157706,82	647,48	157706,82
ANUAL (kWh)	937453,76		937453,76

Tabla 33. Consumo anual de calefacción colegio

- Hotel tipo:

El consumo para la calefacción se ha estimado de acuerdo a un tiempo de funcionamiento según nuestros criterios establecidos, partiendo en los meses más desfavorables y un mayor uso de la calefacción y disminuyendo el consumo en el transcurso del año.



CALEFACCIÓN HOTEL			N° Hotel
MES	Consumo (kWh)	Potencia (kW)	1
ENERO	450886,72	909,05	450886,72
FEBRERO	407252,52	909,05	407252,52
MARZO	450886,72	909,05	450886,72
ABRIL	272713,74	909,05	272713,74
MAYO	0	0	0
JUNIO	0	0	0
JULIO	0	0	0
AGOSTO	0	0	0
SEPTIEMBRE	0	0	0
OCTUBRE	281804,2	909,05	281804,2
NOVIEMBRE	436341,98	909,05	436341,98
DICIEMBRE	450886,72	909,05	450886,72
ANUAL (kWh)	2750772,59		2750772,59

Tabla 34. Consumo anual de calefacción hotel

- Laboratorio tipo:

Se ha realizado el mismo procedimiento que en los anteriores apartados para el cálculo de los consumos mensuales.

CALEFACCIÓN LABORATORIO			N° Laboratorio
MES	Consumo (kWh)	Potencia (kW)	1
ENERO	94878,17	297,56	94878,17
FEBRERO	85696,42	297,56	85696,42
MARZO	94878,17	297,56	94878,17
ABRIL	91817,59	297,56	91817,59
MAYO	0	0	0
JUNIO	0	0	0
JULIO	0	0	0
AGOSTO	0	0	0
SEPTIEMBRE	0	0	0
OCTUBRE	94878,17	297,56	94878,17
NOVIEMBRE	91817,59	297,56	91817,59
DICIEMBRE	94878,17	297,56	94878,17
ANUAL (kWh)	648844,29		648844,29

Tabla 35. Consumo anual de calefacción laboratorio

- Auditorio tipo:

Se ha realizado el mismo procedimiento que en los anteriores apartados para el cálculo de los consumos mensuales.

CALEFACCIÓN AUDITORIO			Nº Auditorio
MES	Consumo (kWh)	Potencia (kW)	1
ENERO	103255,51	466,32	103255,51
FEBRERO	93263,04	466,32	93263,04
MARZO	103255,51	466,32	103255,51
ABRIL	79939,75	466,32	79939,75
MAYO	0	0	0
JUNIO	0	0	0
JULIO	0	0	0
AGOSTO	0	0	0
SEPTIEMBRE	0	0	0
OCTUBRE	82604,41	466,32	82604,41
NOVIEMBRE	99924,69	466,32	99924,69
DICIEMBRE	103255,51	466,32	103255,51
ANUAL (kWh)	665498,41		665499,41

Tabla 36. Consumo anual de calefacción auditorio

#### 4.4.2 Agua caliente sanitaria (ACS)

A continuación se muestra una tabla general de los consumos de ACS de los diferentes tipos de edificios de la ciudad como se ha explicado anteriormente.

ACS VIVIENDA (kWh)		ACS Terciario (kWh)		ACS COLEGIO (kWh)		ACS HOTEL (kWh)		ACS LABORATORIO (kWh)		ACS AUDITORIO (kWh)	
MES	N° Viviendas	MES	N° terciario	MES	N° Colegio	MES	N° Hotel	MES	N° Laboratorio	MES	N° Auditorio
	688		4		1		1		1		1
ENERO	575328,81	ENERO	14559,75	ENERO	7279,87	ENERO	56419,01	ENERO	727,99	ENERO	727,99
FEBRERO	502650,41	FEBRERO	12892,88	FEBRERO	6446,44	FEBRERO	49959,91	FEBRERO	644,64	FEBRERO	644,64
MARZO	537682,83	MARZO	13988,77	MARZO	6994,39	MARZO	54206,55	MARZO	699,44	MARZO	699,44
ABRIL	502122,42	ABRIL	13261,25	ABRIL	6630,62	ABRIL	51387,34	ABRIL	663,06	ABRIL	663,06
MAYO	481213,85	MAYO	13132,32	MAYO	6566,16	MAYO	50887,74	MAYO	656,62	MAYO	656,62
JUNIO	411043,43	JUNIO	11879,87	JUNIO	5939,93	JUNIO	46034,49	JUNIO	593,99	JUNIO	593,99
JULIO	387098,9	JULIO	11704,89	JULIO	5852,45	JULIO	45356,46	JULIO	585,24	JULIO	585,24
AGOSTO	387098,9	AGOSTO	11704,89	AGOSTO	5852,45	AGOSTO	45356,46	AGOSTO	585,24	AGOSTO	585,24
SEPTIEMBRE	411043,43	SEPTIEMBRE	11879,87	SEPTIEMBRE	5939,93	SEPTIEMBRE	46034,49	SEPTIEMBRE	593,99	SEPTIEMBRE	593,99
OCTUBRE	462390,86	OCTUBRE	12846,83	OCTUBRE	6423,42	OCTUBRE	49781,48	OCTUBRE	642,34	OCTUBRE	642,34
NOVIEMBRE	502122,42	NOVIEMBRE	13261,25	NOVIEMBRE	6630,62	NOVIEMBRE	51387,34	NOVIEMBRE	663,06	NOVIEMBRE	663,06
DICIEMBRE	556505,82	DICIEMBRE	14274,26	DICIEMBRE	7137,13	DICIEMBRE	55312,76	DICIEMBRE	713,71	DICIEMBRE	713,71
<b>ANUAL (kWh)</b>	<b>5716302,08</b>	<b>ANUAL (kWh)</b>	<b>155386,83</b>	<b>ANUAL (kWh)</b>	<b>77693,42</b>	<b>ANUAL (kWh)</b>	<b>602123,97</b>	<b>ANUAL (kWh)</b>	<b>7769,34</b>	<b>ANUAL (kWh)</b>	<b>7769,34</b>

Tabla 37. Consumo anual de ACS de los edificios tipo de la ciudad

- Consumo anual de ACS y calefacción de los edificios tipos:

MES	ACS (kWh)	Calefacción (kWh)	Total (kWh)
ENERO	655043,41	2634537,33	3289580,74
FEBRERO	573238,93	2379582,11	2952821,04
MARZO	614271,37	1793033,33	2407304,7
ABRIL	574727,75	1269517,89	1844245,64
MAYO	553113,3	0	553113,3
JUNIO	476085,71	0	476085,71
JULIO	451183,19	0	451183,19
AGOSTO	451183,19	0	451183,19
SEPTIEMBRE	476085,71	0	476085,71
OCTUBRE	532727,28	1311835,15	1844562,43
NOVIEMBRE	574727,75	2534943,49	3109671,24
DICIEMBRE	634657,39	2633778,59	3268435,98
<b>ANUAL (kWh)</b>	<b>6567044,99</b>	<b>14557227,89</b>	<b>21124272,87</b>

Tabla 38. Consumo anual de ACS y calefacción de los edificios tipo de la ciudad

La tabla muestra la suma de los consumos de los edificios tipos tanto para ACS y calefacción.

- Evolución del consumo anual de ACS y calefacción:

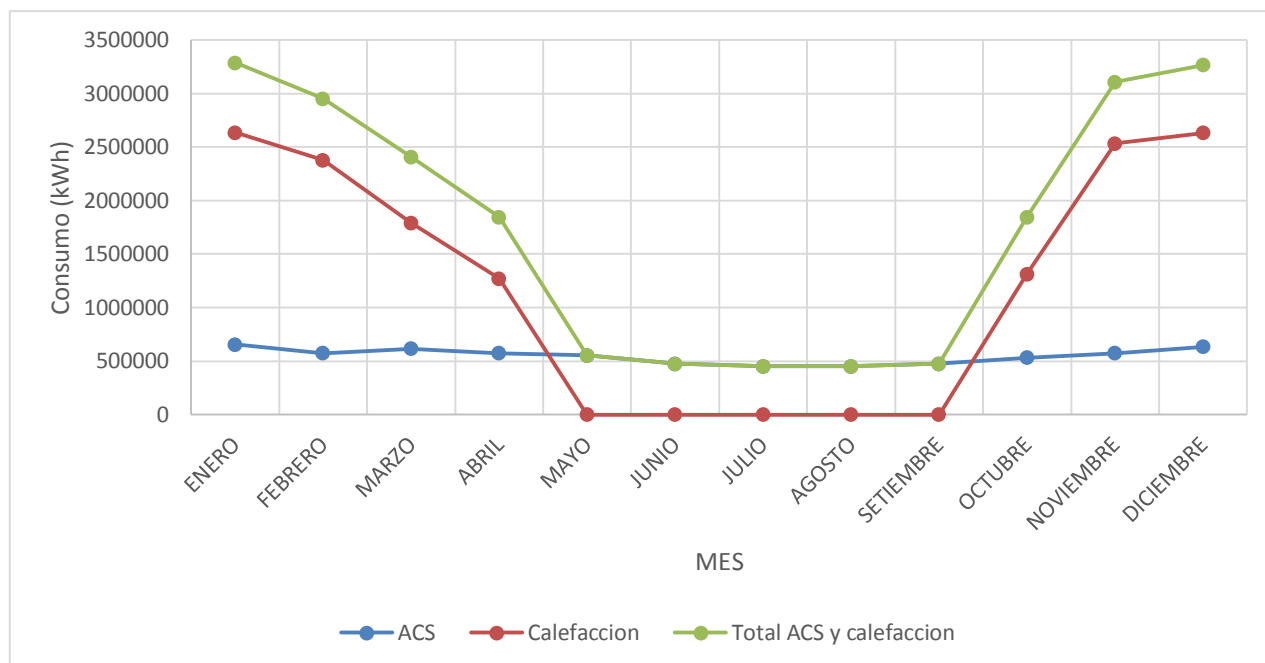


Figura 20. Evolución anual del consumo de ACS y calefacción de los edificios tipo

Se observa en el gráfico que el régimen de ACS se mantiene prácticamente constante durante todo el año ya que no dejamos de consumir nunca ACS con la diferencia que en la época de verano consumimos en menor cantidad mas no con él con el consumo de calefacción que solo se produce durante la época de invierno el mayor consumo.

#### 4.5- Potencia total necesaria

A continuación se muestra una tabla general con las potencias totales de la Smart City tanto para la generación eléctrica como para la generación térmica.

POTENCIA TOTAL					
RECEPTORES	Potencia eléctrica (MWe)		Potencia térmica (MWth)		ACS (MWth)
	Iluminación	Receptores	Refrigeración	Calefacción	
Residencial	3.338.693,38		2.104.248	2.663.385,6	16.871,81
Terciario	39.448	298.080	38.707,6	28.554,8	426,97
Colegio	16.677,64	130.824	877.431,6	647.476,7	213,49
Hotel vitivinícola	5.539,53	427.589	1.231.898,4	909.045,8	1.654,52
Laboratorio	3.137,73	20.613,75	403.236	297.557	21,35
Auditorio	2.857,51	45.540	631.929,6	466.315,2	21,35
Iluminación exterior	0,026				
	4,35		5,29	5,01	0,02

Tabla 39. Potencia total eléctrica y térmica de la Smart City

## 4.6 Dimensionamiento de los depósitos de agua

Se dimensionarán los depósitos acumuladores para las viviendas y los depósitos de acumulación para los diferentes edificios tipo de la ciudad.

### 4.6.1 Depósito acumulador vivienda tipo

El esquema tipo para nuestra instalación de ACS y calefacción para las viviendas partirá de la base de que se colocará un acumulador de agua individual en cada vivienda que permitirá distribuir el agua a una temperatura estable para el consumo de las personas. Se destaca que habrá pérdidas por suministro, es decir, que habrá un salto térmico desde el depósito de acumulación central que estará a una temperatura de 60 °C hasta la entrada de suministro de agua de cada vivienda.



Capacidad del interacumulador	I	160	200	300	500	750	1000
Número de registro DIN				0241/06-13 MC/E			
Producción continua con una producción de A.C.S. de 10 a 45 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para el caudal de agua de calefacción que se indica abajo	90 °C kW	40	40	53	70	123	136
	l/h	982	982	1302	1720	3022	3341
	80 °C kW	32	32	44	58	99	111
	l/h	786	786	1081	1425	2432	2725
	70 °C kW	25	25	33	45	75	86
	l/h	614	614	811	1106	1843	2113
	60 °C kW	17	17	23	32	53	59
	l/h	417	417	565	786	1302	1450
	50 °C kW	9	9	18	24	28	33
	l/h	221	221	442	589	688	810
Producción continua con una producción de A.C.S. de 10 a 60 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para el caudal de agua de calefacción que se indica abajo	90 °C kW	36	36	45	53	102	121
	l/h	819	819	774	911	1754	2081
	80 °C kW	28	28	34	44	77	91
	l/h	482	482	584	756	1324	1565
	70 °C kW	19	19	23	33	53	61
	l/h	327	327	395	567	912	1050
Caudal de agua de calefacción para los valores de producción continua indicados	m³/h	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0
Consumo por disposición que con una diferencia de temperatura de 45 °C (valores medidos según DIN 4753-8. 500 l: índice normalizado según DIN V 18599)	kWh/24 h	1,50	1,70	2,20	3,20	3,70	4,30
<b>Dimensiones</b>							
<b>Longitud (L)</b>							
— con aislamiento térmico	a mm	581	581	633	850	960	1060
— sin aislamiento térmico	mm	—	—	—	650	750	850
<b>Anchura</b>							
— con aislamiento térmico	b mm	608	608	705	898	1046	1144
— sin aislamiento térmico	mm	—	—	—	837	947	1047
<b>Altura</b>							
— con aislamiento térmico	c mm	1189	1409	1746	1955	2100	2160
— sin aislamiento térmico	mm	—	—	—	1844	2005	2060
<b>Medida de inclinación</b>							
— con aislamiento térmico	mm	1260	1460	1792	—	—	—
— sin aislamiento térmico	mm	—	—	—	1860	2050	2100
Altura de montaje	mm	—	—	—	2045	2190	2250
Peso total con aislamiento térmico	kg	86	97	151	181	295	367
Volumen de agua de calefacción	l	5,5	5,5	10,0	12,5	24,5	26,8
Superficie de transmisión	m²	1,0	1,0	1,5	1,9	3,7	4,0
<b>Conexiones</b>							
Impulsión y retorno del agua de calefacción	R	1	1	1	1	1½	1½
Agua fría, A.C.S.	R	¾	¾	1	1½	1½	1½
Recirculación	R	¾	¾	1	1	1½	1½

Tabla 40. Características depósito acumulador de agua

#### **4.6.2 Depósito acumulación edificios destinado a viviendas**

Teniendo dimensionado el depósito individual para cada vivienda se procede a calcular el depósito de acumulación de agua desmineralizada de los edificios.

El nivel del depósito de acumulación se mantendrá constante y a una temperatura constante de 60 °C, debido a que trabajará como un circuito cerrado, es decir, ira suministrando el agua a medida que los usuarios lo necesiten.

#### **4.6.3 Depósito acumulación edificios tipos**

El dimensionamiento de los depósitos de acumulación de los edificios tipos se basará en la potencia térmica que consume cada uno, en función de sus prestaciones, además se tendrá en cuenta el tiempo de funcionamiento de los mismos y se añadirá el consumo de ACS de cada edificio tipo de la ciudad.

#### **4.6.4 Grupo de presión**

Una vez calculados los depósitos para cada bloque de viviendas, y en función de la altura del edificio se colocarán bombas de presión para el suministro del agua para todo el edificio, así como también se instalarán sensores de caudal para la medición del mismo y detección en caso de fugas y reducción del agua no contabilizada. Si se produce una avería el sistema automáticamente se desactivará para evitar pérdidas en el flujo del caudal. Otra idea sería que las instalaciones interiores del edificio se ramifiquen evitando así que el edificio se quede sin suministro de agua y atacando solamente el fallo y que el suministro se mantenga en funcionamiento a las otras partes del edificio.

Para garantizar la presión del agua en el circuito cerrado de ACS, implementaremos la siguiente bomba de presión de agua.

Bomba de presión de agua Flojet 3526-144<sup>a</sup>, 3,4 bar máximo, 12 volt.



### Descripción técnica

#### Información sobre el producto

Marca	Flo Jet
Referencia del fabricante	03526144A
Referencia OEM	3526144A

#### Tallas y especificaciones

Peso	1.2 kilogramos
Alto	10.8 centímetros
Largo	23 centímetros
Ancho	10.9 centímetros
Voltaje	12 voltios

Tabla 41. Características bomba de presión

Bomba e presión de agua con cierre automático, muy bajo nivel de sonido con sistema by pass. Flujo de agua para el uso simultaneo.

## 4.6.5 Bomba de calor en vivienda tipo

### - Definición:

Hoy en día se utilizan las bombas de calor para producir a través de él calefacción y/o frío, son un sistema de climatización de alta eficiencia energética en el cual se utiliza el flujo conductor para compensar las cargas térmicas del espacio a condicionar y puede ser agua y/o aire.

Para el proyecto se ha decidido instalar en la vivienda tipo bombas de calor aire agua con tecnología inverter, ya que nuestro sistema trabajará a través de un sistema de calefacción por agua. Esta tecnología ahorra energía ya que dispone de un compresor de potencia adaptable, es decir, que trabajará más cuando el sistema lo requiera (a baja temperatura), trabajará con menos fuerza cuando exista una temperatura adaptable.

El calor se transportará mediante una distribución Split, es decir, los componentes se separan en una unidad exterior y otra interior, para evitar el ruido del compresor en el interior de la vivienda.

La nueva bomba de calor Aquarea de Panasonic está especialmente diseñada para viviendas de bajo consumo.

Gracias a su avanzada tecnología y control, los sistemas Aquarea son capaces de mantener una alta capacidad y eficiencia incluso a -7 °C y -15 °C.

Al disponer de una unidad exterior muy compacta, la instalación es muy fácil. Independientemente del tiempo, Aquarea siempre te proporciona la máxima eficiencia, incluso a -20 °C.<sup>21</sup>

Para nuestro proyecto escogeremos la de potencia de 3kW.

<sup>21</sup> <http://www.panasonicproclub.com/uploads/ES/catalogues/SP%20AQUAREA%20LR.pdf>



<b>GAMA</b>				3 kW
Aquarea	BiBloc	Monofásica	Calor y frío	WH-SDC03E3E5* (UFI) WH-UD03EE5 <b>NUEVO 2012</b>

<b>KIT</b>		<b>KIT-WC03EE5<sup>1</sup></b>
<b>KIT CON CONTROL POR SMARTPHONE</b>		<b>KIT-WC03EE5-WIFI<sup>1</sup></b>
<b>UNIDAD INTERIOR</b>		<b>WH-SDC03E3E5</b>
Capacidad calorífica a +7 °C	kW	3
Capacidad calorífica a -7 °C	kW	3
Capacidad frigorífica a 35 °C	kW	3
Dimensiones (Al x An x Pr)	mm	892 x 502 x 353
Peso	Kg	50
Conector tubería de agua		
Bomba	Nº de velocidades	
	Entrada de energía (máx)	W
Caudal agua calefacción ( $\Delta T=5$ K, 35 °C)	l/min	
Resistencia eléctrica integrada	kW	
Intensidad Nominal de arranque	A	
Intensidad Máx.	A	
<b>UNIDAD EXTERIOR</b>		<b>WH-UD03EE5</b>
Presión sonora	dB(A)	47
Dimensiones (Al x An x Pr)	mm	618 x 833 x 301
Peso	Kg	38
Diámetro tuberías Líquido	mm (pulg.)	12,70 (1/2")
Gas	mm (pulg.)	6,35 (1/4")
Refrigerante (R410A)	Kg	
Distancia frigorífica	m	5 - 15
Distancia nominal	m	
Distancia frigorífica para gas adicional	m	
Gas adicional (R410A)	g/m	
Desnivel	m	5
Rango de funcionamiento	Temperatura exterior	°C -20 a 35
	Salida agua (a -2/-7/-15)	°C 25 - 55 / 5 - 20

Tabla 42. Características bomba de calor aire - agua

## 4.7 Cálculos efectuados

A continuación se realizarán los cálculos de los edificios tipo de la ciudad, de acuerdo a nuestros propios criterios establecidos así como también de los resultados obtenidos mediante el programa CYPE.

### 4.7.1 Consumo de ACS de los edificios tipo

Se calculará la demanda de ACS de los edificios tipo de la ciudad de acuerdo a los criterios propuestos por el grupo, éstos se pueden modificar en función de lo que quiera cada uno de los usuarios.

#### 4.7.1.1 Demanda de ACS vivienda tipo

- Criterios de demanda de ACS:

Para una vivienda tipo se ha considerado que el consumo de ACS estará repartido en la ducha, lavadora y lavavajillas con un tiempo establecido por cada aparato para así poder obtener el consumo (litros) al día de la vivienda.

- Ducha:

El criterio establecido para la ducha, es que cada persona se duche durante 10 min diarios a razón de 10 litros minuto, esto es relativo ya que cada persona tiene sus propias necesidades a la hora de la ducha, en este caso la demanda de ACS se ha dimensionado para un tiempo de 10 min, supeditado a cambios por criterio de cada persona.

$$ACS_{ducha} = 1 \text{ persona} * 10 \text{ min} * \frac{10 \text{ l}}{\text{min}} = 100 \frac{\text{litros}}{\text{persona}}$$

$$Total ACS_{ducha} = 4 \text{ personas} * 100 \frac{\text{litros}}{\text{persona}} = 400 \text{ litros}$$

- Lavadora:

Se ha considerado para la lavadora una capacidad de 7 Kg de ropa, considerando las mejoras de eficiencia de la misma, este modelo de bajo consumo tiene una capacidad de consumo de 45 litros por lavado.

- Lavavajillas:

Se ha considerado un lavavajillas con dos ciclos de funcionamiento al día. Cada ciclo consumirá 10 litros de agua, por lo tanto el consumo de agua al día es:

$$Lavavajillas = 2 \text{ ciclos} * 10 \frac{\text{litros}}{\text{ciclo}} = 20 \text{ litros}$$

El consumo total de ACS al día de una vivienda tipo basándonos en nuestros criterios mencionados anteriormente es:

$$Consumo ACS_{vivienda} = 400 + 45 + 20 = 465 \text{ litros}$$

Se considerará un consumo de 465 litros diarios para cada vivienda, por lo tanto será la base de consumo para las demás viviendas.

De acuerdo al consumo de la vivienda tipo se realizará una tabla de Excel con los consumos de cada mes de acuerdo a la temperatura de red del sistema y aplicando la formula mencionada anteriormente [1].

▪ Ejemplo de cálculo:

- Demanda de consumo de ACS de la ducha de la vivienda tipo para el mes de Enero:

$$Demanda ACS_{ducha} = 400 L * (38 - 9)^{\circ}C * 4186 \frac{J}{kg * ^{\circ}C} * 1 \frac{kg}{L} = 48557600 J$$

Para obtener la potencia (kW) se divide la demanda de ACS entre el tiempo de funcionamiento de la ducha, en este caso son 40 min/ducha para las 4 personas de la vivienda.

$$Potencia = \frac{48557600 J}{2400 s} = 20232,33 W = 20,23 kW$$

Finalmente obtenemos el consumo mensual (kWh) (mes de Enero) multiplicando por el número de día del mes.

$$Consumo ACS_{ducha} = 20,23 * 31 = 627,20 kWh/mes$$

Para mayor seguridad a la hora del consumo se ha sobredimensionado aplicando un 10 % al consumo mensual de cada mes.

$$Consumo ACS_{ducha} = 627,20 * 1,1 = 689,92 kWh/mes$$

- Demanda de consumo de ACS del lavavajillas de la vivienda tipo para el mes de Enero:

$$Demanda ACS_{lavavajillas} = 20 L * (60 - 9)^{\circ}C * 4186 \frac{J}{kg * ^{\circ}C} * 1 \frac{kg}{L} = 4269720 J$$

Para obtener la potencia (kW) se divide la demanda de ACS entre el tiempo de funcionamiento del lavavajillas, en este caso son 40 min los dos ciclos de lavado.

$$Potencia = \frac{4269720 J}{2400 s} = 1779,05 W = 1,78 kW$$

Finalmente obtenemos el consumo mensual (kWh) (mes de Enero) multiplicando por el número de día del mes.

$$Consumo ACS_{lavavajillas} = 1,78 * 31 = 55,15 kWh/mes$$

Para mayor seguridad a la hora del consumo se ha sobredimensionado aplicando un 10 % al consumo mensual de cada mes.

$$\text{Consumo ACS}_{\text{lavvajillas}} = 55,15 * 1,1 = 60,67 \text{ kWh/mes}$$

- Demanda de consumo de ACS de la lavadora de la vivienda tipo para el mes de Enero:

$$\text{Demanda ACS}_{\text{lavadora}} = 45 \text{ L} * (45 - 9)^{\circ}\text{C} * 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} * ^{\circ}\text{C}} * 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 6781320 \text{ J}$$

Para obtener la potencia (kW) se divide la demanda de ACS entre el tiempo de funcionamiento de la lavadora, en este caso son 45 min lavado.

$$\text{Potencia} = \frac{6781320 \text{ J}}{2700 \text{ s}} = 2511,6 \text{ W} = 2,51 \text{ kW}$$

Finalmente obtenemos el consumo mensual (kWh) (mes de Enero) multiplicando por el número de día del mes.

$$\text{Consumo ACS}_{\text{lavadora}} = 2,51 * 31 = 77,86 \text{ kWh/mes}$$

Para mayor seguridad a la hora del consumo se ha sobredimensionado aplicando un 10 % al consumo mensual de cada mes.

$$\text{Consumo ACS}_{\text{lavadora}} = 77,86 * 1,1 = 85,65 \text{ kWh/mes}$$

La vivienda tipo tendrá un consumo mensual total de:

$$\text{Consumo total ACS}_{\text{vivienda}} = 689,92 + 60,67 + 85,65 = 836,24 \text{ kWh}$$

Se realizará el mismo procedimiento de cálculo para las demás viviendas de la ciudad, a continuación se muestra una tabla resumen del consumo anual de la vivienda tipo:

- Ducha:

DUCHA														
Consumo ACS Residencial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	Consumo anual 688 viviendas
Temperatura red °C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	13,8	
Q (ACS) (J)	48.557.600	46.883.200	45.208.800	43.534.400	40.185.600	35.162.400	31.813.600	31.813.600	35.162.400	38.511.200	43.534.400	46.883.200	487.250.400	33.407.628,800
Potencia (kW)	20,23	19,53	18,84	18,14	16,74	14,65	13,26	13,26	14,65	16,05	18,14	19,53		13.919,85
Consumo (kWh)	627,2	546,97	583,95	544,18	519,06	439,53	410,93	410,93	439,53	497,44	544,18	605,57	6.169,47	4.244.592,84
Sobreconsumo (10%)	689,92	601,67	642,34	598,6	570,97	483,48	452,02	452,02	483,48	547,18	598,6	666,13	6.786,41	4.669.052,12

Tabla 43. Consumo de agua anual para la ducha de la vivienda tipo

- Lavavajillas:

LAVAVAJILLAS														
Consumo ACS Residencial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	Consumo anual 688 viviendas
Temperatura red °C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	13,8	
Q (ACS) (J)	4.269.720	4.186.000	4.102.280	4.018.560	3.851.120	3.599.960	3.432.520	3.432.520	3.599.960	3.767.400	4.018.560	4.186.000	46.464.600	2.937.567.360
Potencia (kW)	1,78	1,74	1,71	1,67	1,6	1,5	1,43	1,43	1,5	1,57	1,67	1,74		1.223,99
Consumo (kWh)	55,15	48,84	52,99	50,23	49,74	45	44,34	44,34	45	48,66	50,23	54,07	588,59	404.947,5
Sobreconsumo (10%)	60,67	53,72	58,29	55,26	54,72	49,5	48,77	48,77	49,5	53,53	55,26	59,48	647,45	445.442,25

Tabla 44. Consumo de agua anual para la el lavavajillas de la vivienda tipo

- Lavadora:

LAVADORA														
Consumo ACS Residencial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	Consumo anual 688 viviendas
Temperatura red °C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	13,8	
Q (ACS) (J)	6.781.320	6.592.950	6.404.580	6.216.210	5.839.470	5.274.360	4.897.620	4.897.620	5.274.360	5.651.100	6.216.210	6.592.950	70.638.750	4.665.548.160
Potencia (kW)	2,51	2,44	2,37	2,3	2,16	1,95	1,81	1,81	1,95	2,09	2,3	2,44		1.727,98
Consumo (kWh)	77,86	68,37	73,53	69,07	67,05	58,6	56,23	56,23	58,6	64,88	69,07	75,7	795,2	547.097,92
Sobreconsumo (10%)	85,65	75,21	80,89	75,98	73,75	64,46	61,86	61,86	64,46	71,37	75,98	83,27	874,72	601.807,71

Tabla 45. Consumo de agua anual para la lavadora de la vivienda tipo

Para finalizar se muestra la tabla resumen final de la vivienda tipo considerando todos los consumos de la misma.

CONSUMO ACS RESIDENCIAL TOTAL (ducha + lavavajillas + lavadora)														
Consumo ACS Residencial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	Consumo anual 688 viviendas
Temperatura red °C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	13,8	
Q (ACS) (J)	59.608.640	57.662.150	55.715.660	53.769.170	49.876.190	44.036.720	40.143.740	40.143.740	44.036.720	47.929.700	53.769.170	57.662.150	604.353.750	41.010.744.320
Potencia (kW)	24,52	23,72	22,92	22,12	20,51	18,1	16,5	16,5	18,1	19,71	22,12	23,72		16.871,81
Consumo (kWh)	760,21	664,18	710,47	663,48	635,85	543,13	511,49	511,49	543,13	610,98	663,48	735,34	7.553,25	5.196.638,26
Sobreconsumo (10%)	836,23	730,6	781,52	729,83	699,44	597,45	562,64	562,64	597,45	672,08	729,83	808,87	8.308,58	5.716.302,08

Tabla 46. Consumo anual de ACS de la vivienda tipo

- Consumo anual de ACS vivienda tipo:

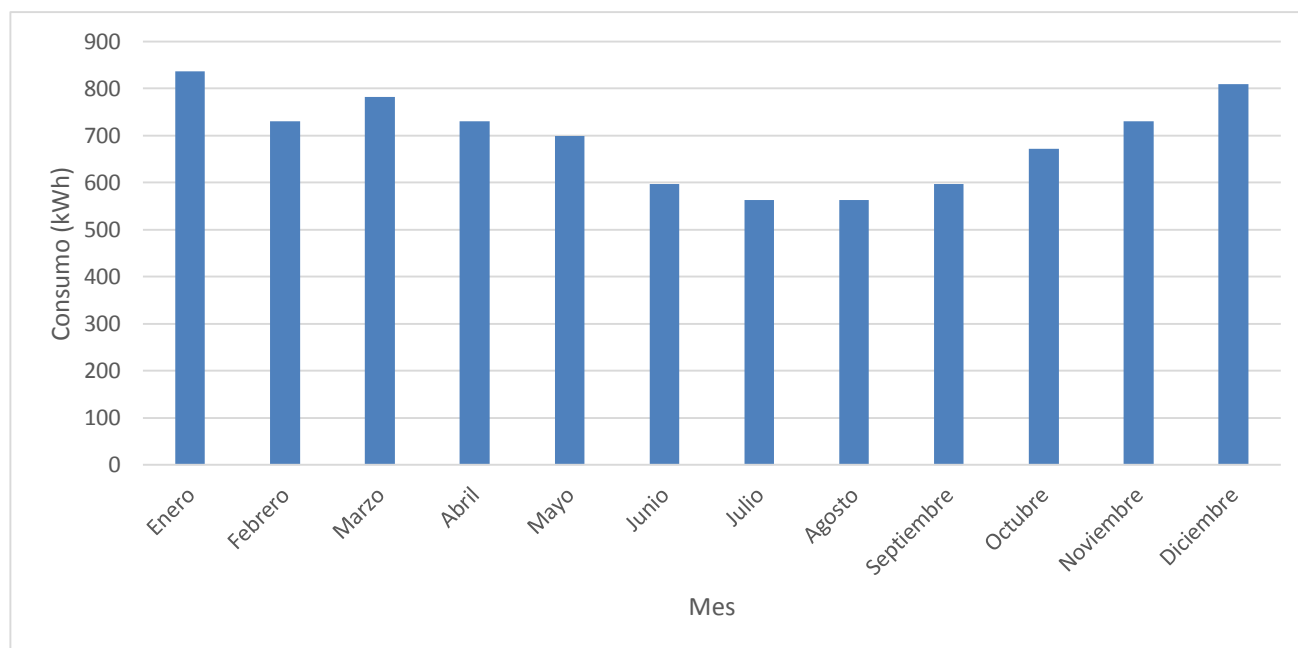


Figura 21. Evolución del consumo anual de ACS vivienda tipo

Se observa en la gráfica como el consumo de ACS aumenta y disminuye durante todo el año, teniendo el mayor consumo entre los meses de Diciembre y Enero ya que se necesitará más agua

caliente durante el día, por lo tanto, es normal un consumo elevado durante los meses de invierno y un consumo bajo durante el verano.

#### 4.7.1.2 Demanda de ACS terciario tipo

El cálculo de la demanda de ACS se realizará siguiendo la formula anteriormente mencionada [1].

- Ejemplo de cálculo:
- Demanda de consumo de ACS del edificio destinado a la zona terciaria para el mes de Enero:

$$Demanda ACS_{terciario} = 300 L * (60 - 9)^{\circ}C * 4186 \frac{J}{kg * ^{\circ}C} * 1 \frac{kg}{L} = 64045800 J$$

Para obtener la potencia (kW) se divide la demanda de ACS entre el tiempo de funcionamiento de la ducha, en este caso son 10 min/ducha para los trabajadores del centro comercial. Se ha tomado como factor más desfavorable el tiempo de 10 min, es decir, que todos los trabajadores se duchen al mismo tiempo, lo cual resultaría difícilmente que todos se duchen a la vez.

$$Potencia = \frac{64045800 J}{600 s} = 106743 W = 106,74 kW$$

Finalmente obtenemos el consumo mensual (kWh) (mes de Enero) multiplicando por el número de día del mes.

$$Consumo ACS = 106,74 * 31 = 3309,03 kWh/mes$$

Para mayor seguridad a la hora del consumo se ha sobredimensionado aplicando un 10 % al consumo mensual de cada mes.

$$Consumo ACS = 3309,03 * 1,1 = 3639,94 kWh/mes$$

Se realizará el mismo procedimiento de cálculo para los demás edificios destinados al comercio, a continuación se muestra una tabla resumen de los consumos mensuales de ACS.

CONSUMO ACS TERCARIO (4 centros comerciales)														
Consumo ACS terciario	Ener o	Febr ero	Marz o	Abril	May o	Juni o	Julio	Ago sto	Septi embr e	Octu bre	Novi embr e	Dici emb re	TOT AL	Consumo anual 4 terciarios
Temperatura red °C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	13,8	
Q (ACS) (J)	64.045.800	62.790.000	61.534.200	60.278.400	57.766.800	53.999.400	51.487.800	51.487.800	53.999.400	56.511.000	60.278.400	62.790.000	696.969.000	256.183.200
Potencia (kW)	106,74	104,65	102,56	100,46	96,28	90	85,81	85,81	90	94,19	100,46	104,65		426,97
Consumo (kWh)	3.309,03	2.930,2	3.179,27	3.013,92	2.984,62	2.699,97	2.660,2	2.660,2	2.699,97	2.919,74	3.013,92	3.244,15	35.315,19	141.260,76
Sobreconsumo (10%)	3.639,94	3.223,22	3.497,19	3.315,31	3.283,08	2.969,97	2.926,22	2.926,22	2.969,97	3.211,71	3.315,31	3.568,57	38.846,71	155.386,83

Tabla 47. Consumo anual de ACS del terciario tipo

- Consumo anual ACS terciario tipo:

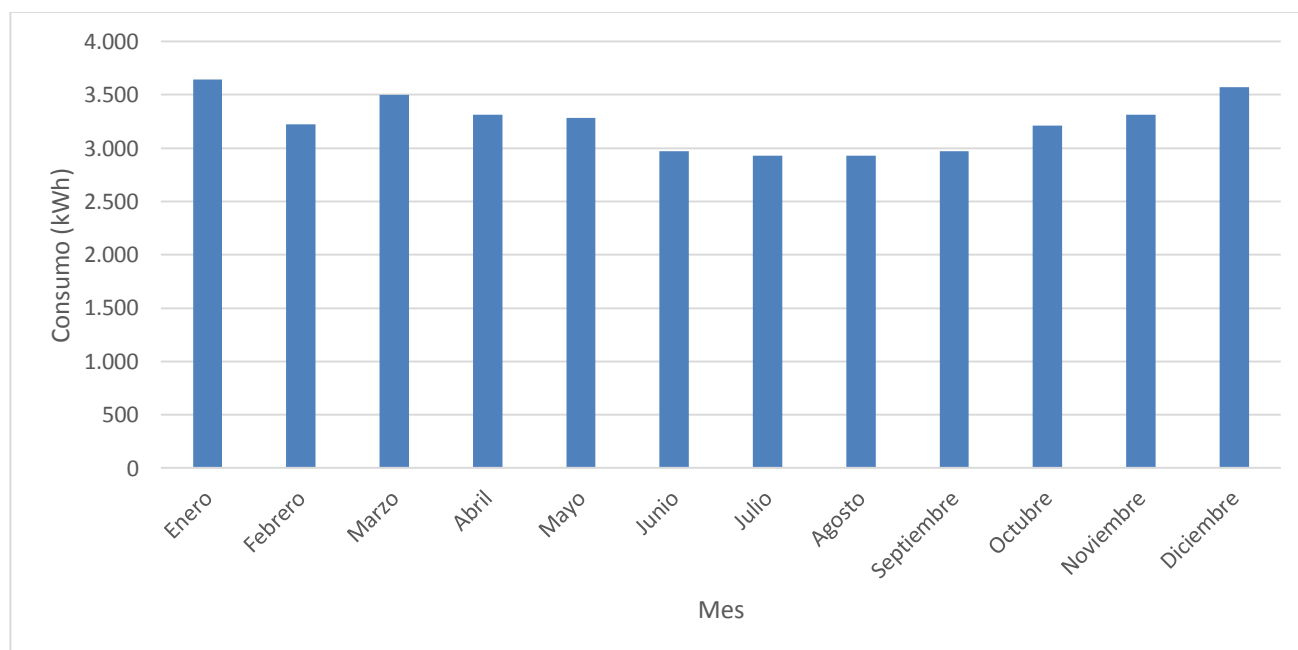


Figura 22. Evolución del consumo anual de ACS terciario tipo

Se observa en la gráfica que el consumo de ACS se mantiene constante aproximadamente durante todo el año, teniendo un mayor consumo durante los meses de invierno y disminuyendo durante los meses de verano.



#### 4.7.1.3 Demanda de ACS hotel tipo

El cálculo de la demanda de ACS se realizará siguiendo la formula anteriormente mencionada [1].

▪ Ejemplo de cálculo:

- Demanda de consumo de ACS del hotel para el mes de Enero:

$$Demanda ACS_{hotel} = 9300 L * (60 - 9)^{\circ}C * 4186 \frac{J}{kg * ^{\circ}C} * 1 \frac{kg}{L} = 1985419800 J$$

Para obtener la potencia (kW) se divide la demanda de ACS entre el tiempo de funcionamiento de la ducha, en este caso son 10 minutos, es decir, se ha estimado que el cliente tome 2 duchas de 10 minutos por día.

$$Potencia = \frac{1985419800 J}{1200 s} = 1654516,5 W = 1654,52 kW$$

Finalmente obtenemos el consumo mensual (kWh) (mes de Enero) multiplicando por el número de día del mes.

$$Consumo ACS = 1654,52 * 31 = 51290,01 kWh/mes$$

Para mayor seguridad a la hora del consumo se ha sobredimensionado aplicando un 10 % al consumo mensual de cada mes.

$$Consumo ACS = 51290,01 * 1,1 = 56419,01 kWh/mes$$

A continuación se muestra una tabla resumen de los consumos mensuales de ACS.

CONSUMO ACS HOTEL														
Consumo ACS Hotel	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	Consumo anual Hotel
Temperatura red °C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	13,8	
Q (ACS) (J)	1.985.419.800	1.946.490.000	1.907.560.200	1.868.630.400	1.790.770.800	1.673.981.400	1.596.121.800	1.596.121.800	1.673.981.400	1.751.841.000	1.868.630.400	1.946.490.000	21.606.039.000	1.985.419.800
Potencia (kW)	1.654,52	1.622,08	1.589,63	1.557,19	1.492,31	1.394,98	1.330,1	1.330,1	1.394,98	1.459,87	1.557,19	1.622,08		1.654,52
Consumo (kWh)	51.290,01	45.418,1	49.278,64	46.715,76	46.261,58	41.849,54	41.233,15	41.233,15	41.849,54	45.255,89	46.715,76	50.284,33	547.385,43	547.385,43
Sobrec consumo (10%)	56.419,01	49.959,91	54.206,5	51.387,34	50.887,74	46.034,49	45.356,46	45.356,46	46.034,49	49.781,48	51.387,34	55.312,76	602.123,97	602.123,97

Tabla 48. Consumo anual de ACS del hotel

- Consumo anual ACS hotel tipo:

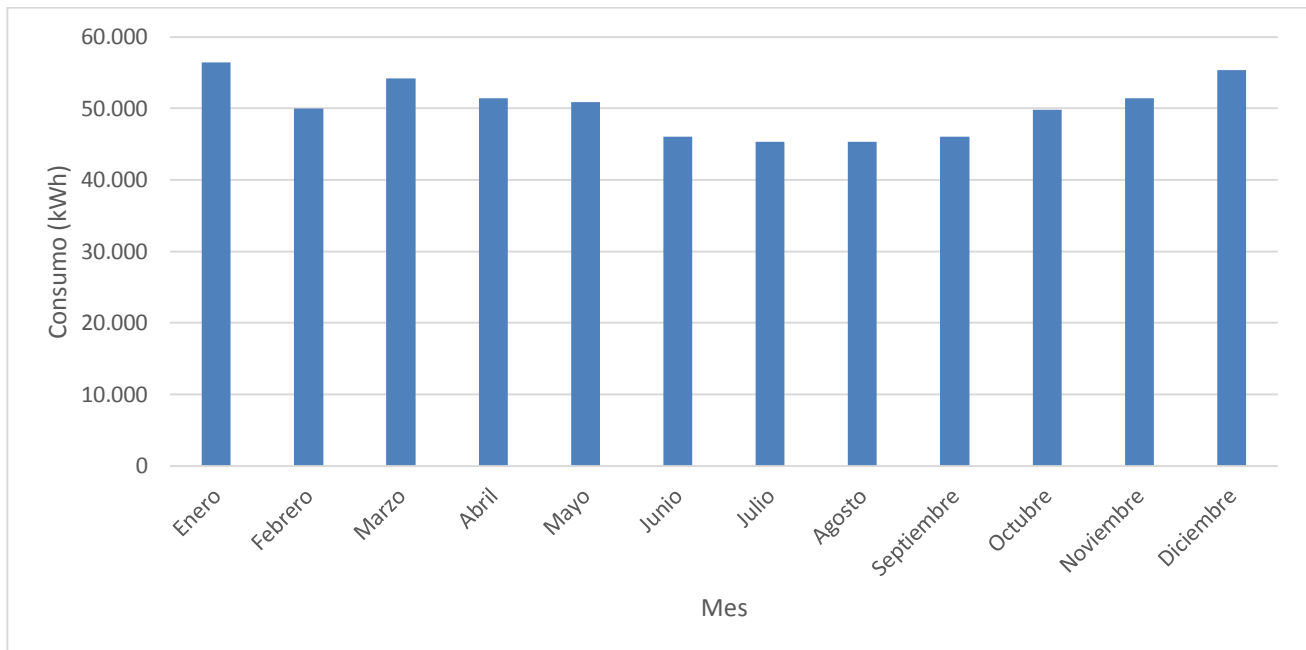


Figura 23. Evolución del consumo anual de ACS hotel

Se observa en la gráfica que el consumo de ACS se mantiene constante aproximadamente durante todo el año, teniendo un mayor consumo durante los meses de invierno y disminuyendo durante los meses de verano.

#### 4.7.1.4 Demanda de ACS colegio tipo

El cálculo de la demanda de ACS se realizará siguiendo la formula anteriormente mencionada [1].

- Ejemplo de cálculo:

- Demanda de consumo de ACS del colegio para el mes de Enero:

$$Demanda ACS_{colegio} = 600 L * (60 - 9)^{\circ}C * 4186 \frac{J}{kg * ^{\circ}C} * 1 \frac{kg}{L} = 128091600 J$$

Para obtener la potencia (kW) se divide la demanda de ACS entre el tiempo de funcionamiento de la ducha, en este caso son 10 minutos.

$$Potencia = \frac{128091600 J}{600 s} = 213486 W = 213,49 kW$$

Finalmente obtenemos el consumo mensual (kWh) (mes de Enero) multiplicando por el número de día del mes.

$$\text{Consumo ACS} = 213,49 * 31 = 6618,07 \text{ kWh/mes}$$

Para mayor seguridad a la hora del consumo se ha sobredimensionado aplicando un 10 % al consumo mensual de cada mes.

$$\text{Consumo ACS} = 6618,07 * 1,1 = 7279,87 \text{ kWh/mes}$$

A continuación se muestra una tabla resumen de los consumos mensuales de ACS.

CONSUMO ACS COLEGIO														
Consumo ACS Colegio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	Consumo anual colegio
Temperatura red °C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	13,8	
Q (ACS) (J)	128.091.600	125.580.000	123.068.400	120.556.800	115.533.600	107.998.800	102.975.600	102.975.600	107.998.800	113.022.000	120.556.800	125.580.000	1.393.938.000	128.091.600
Potencia (kW)	213,49	209,3	205,11	200,93	192,56	180	171,63	171,63	180	188,37	200,93	209,3		213,49
Consumo (kWh)	6.618,07	5.860,4	6.358,53	6.027,84	5.969,24	5.399,94	5.320,41	5.320,41	5.399,94	5.839,47	6.027,84	6.488,3	70.630,38	70.630,38
Sobreconsumo (10%)	7.279,87	6.446,44	6.994,39	6.630,62	6.566,16	5.939,93	5.852,45	5.852,45	5.939,93	6.423,42	6.630,62	7.137,13	77.693,42	77.693,42

Tabla 49. Consumo anual de ACS del colegio

- Consumo anual ACS colegio tipo:

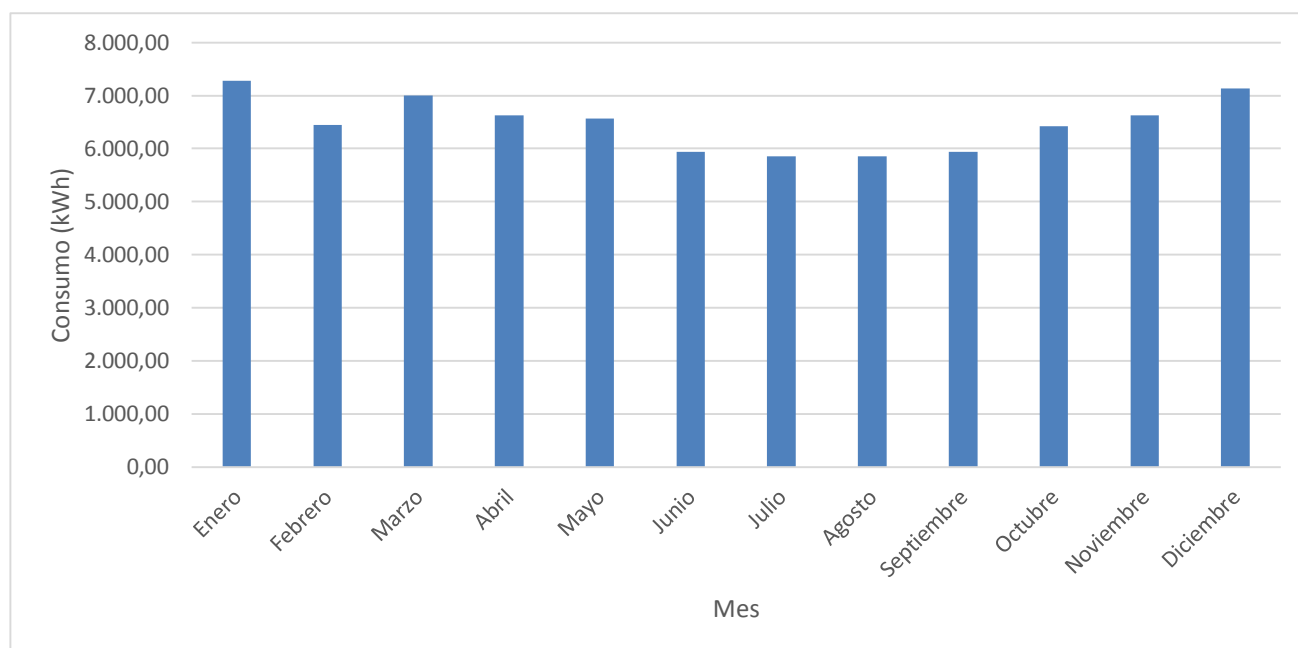


Figura 24. Evolución del consumo anual de ACS colegio

Se observa en la gráfica que el consumo de ACS se mantiene constante aproximadamente durante todo el año, teniendo un mayor consumo durante los meses de invierno y disminuyendo durante los meses de verano.

#### 4.7.1.5 Demanda de ACS laboratorio tipo

El cálculo de la demanda de ACS se realizará siguiendo la formula anteriormente mencionada [1].

- Ejemplo de cálculo:
- Demanda de consumo de ACS del laboratorio para el mes de Enero:

$$Demanda ACS_{laboratorio} = 120 L * (60 - 9)^{\circ}C * 4186 \frac{J}{kg * ^{\circ}C} * 1 \frac{kg}{L} = 25618320 J$$

Para obtener la potencia (kW) se divide la demanda de ACS entre el tiempo de funcionamiento de la ducha, en este caso son 10 minutos, ya que tendrá 2 servicios, el tiempo de utilización de la ducha será de 20 minutos.

$$Potencia = \frac{25618320 J}{1200 s} = 21348,6 W = 21,35 kW$$

Finalmente obtenemos el consumo mensual (kWh) (mes de Enero) multiplicando por el número de día del mes.

$$Consumo ACS = 21,35 * 31 = 661,81 kWh/mes$$

Para mayor seguridad a la hora del consumo se ha sobredimensionado aplicando un 10 % al consumo mensual de cada mes.

$$Consumo ACS = 661,81 * 1,1 = 727,99 kWh/mes$$

A continuación se muestra una tabla resumen de los consumos mensuales de ACS.

CONSUMO ACS LABORATORIO														
Consumo ACS laboratorio	Ener o	Febr ero	Marz o	Abril	May o	Juni o	Julio	Ago sto	Septi embr e	Octu bre	Novi emb re	Dici emb re	TOT AL	Consumo anual laboratorio
Temperatura red °C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	13,8	
Q (ACS) (J)	25.618,320	25.116,000	24.613,680	24.111,360	23.106,720	21.599,760	20.595,120	20.595,120	21.599,760	22.604,400	24.111,360	25.116,000	278.787,600	25.618,320
Potencia (kW)	21,35	20,93	20,51	20,09	19,26	18	17,16	17,16	18	18,84	20,09	20,93		21,35
Consumo (kWh)	661,81	586,04	635,85	602,78	596,92	539,99	532,04	532,04	539,99	583,95	602,78	648,83	7.063,04	7.063,04
Sobreconsumo (10%)	727,99	644,64	699,44	663,06	656,62	593,99	585,24	585,24	593,99	642,34	663,06	713,71	7.769,34	7.769,34

Tabla 50. Consumo anual de ACS del laboratorio

- Demanda anual ACS laboratorio:

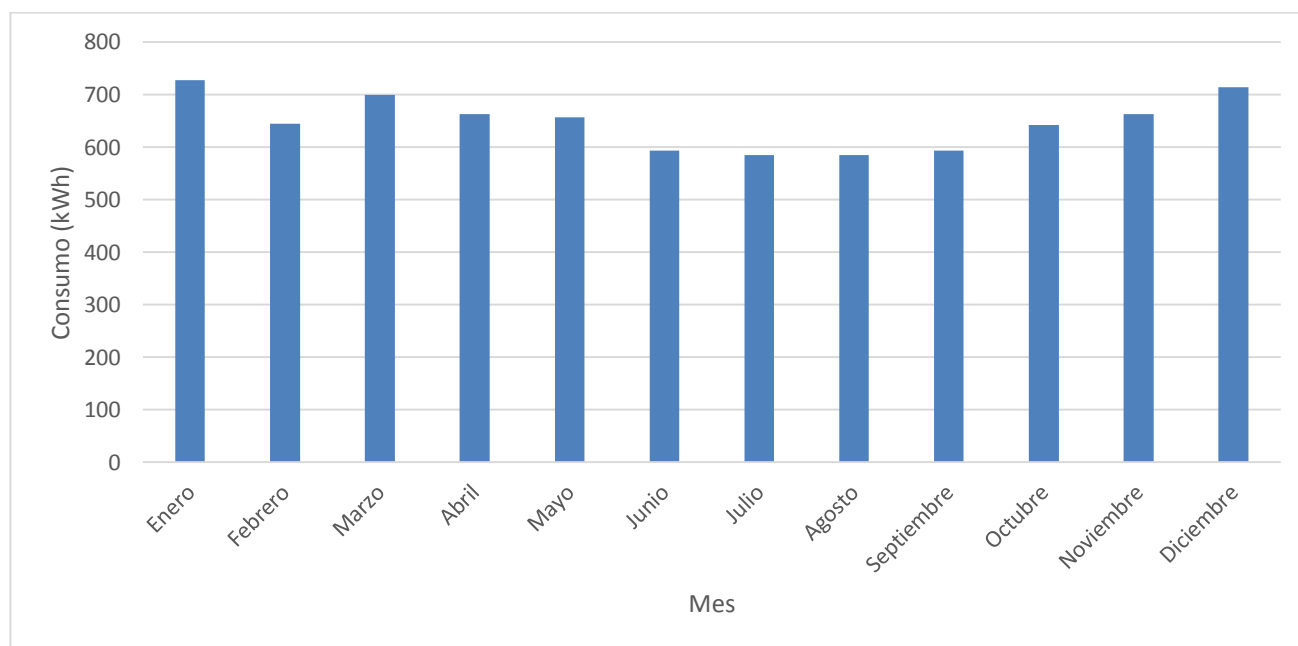


Figura 25. Evolución del consumo anual de ACS laboratorio

Se observa en la gráfica que el consumo de ACS se mantiene constante aproximadamente durante todo el año, teniendo un mayor consumo durante los meses de invierno y disminuyendo durante los meses de verano.

#### 4.7.1.6 Demanda de ACS auditorio tipo

El cálculo de la demanda de ACS se realizará siguiendo la formula anteriormente mencionada [1].

▪ Ejemplo de cálculo:

- Demanda de consumo de ACS del auditorio para el mes de Enero:

$$Demanda ACS_{auditorio} = 60 L * (60 - 9)^{\circ}C * 4186 \frac{J}{kg * ^{\circ}C} * 1 \frac{kg}{L} = 12809160 J$$

Para obtener la potencia (kW) se divide la demanda de ACS entre el tiempo de funcionamiento de la ducha, en este caso son 10 minutos.

$$Potencia = \frac{12809160 J}{600 s} = 21348,6 W = 21,35 kW$$

Finalmente obtenemos el consumo mensual (kWh) (mes de Enero) multiplicando por el número de día del mes.

$$Consumo ACS = 21,35 * 31 = 661,81 kWh/mes$$

Para mayor seguridad a la hora del consumo se ha sobredimensionado aplicando un 10 % al consumo mensual de cada mes.

$$Consumo ACS = 661,81 * 1,1 = 727,99 kWh/mes$$

A continuación se muestra una tabla resumen de los consumos mensuales de ACS.

CONSUMO ACS AUDITORIO														
Consumo ACS auditorio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	Consumo anual auditorio
Temperatura red °C	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	13,8	
Q (ACS) (J)	12.809.160	12.558.000	12.306.840	12.055.680	11.553.360	10.799.880	10.297.560	10.297.560	10.799.880	11.302.200	12.055.680	12.558.000	139.393.800	12.809.160
Potencia (kW)	21,35	20,93	20,51	20,09	19,26	18	17,16	17,16	18	18,84	20,09	20,93		21,35
Consumo (kWh)	661,81	586,04	635,85	602,78	596,92	539,99	532,04	532,04	539,99	583,95	602,78	648,83	7.063,04	7.063,04
Sobreconsumo (10%)	727,99	644,64	699,44	663,06	656,62	593,99	585,24	585,24	593,99	642,34	663,06	713,71	7.769,34	7.769,34

Tabla 51. Consumo anual de ACS del auditorio

- Demanda anual ACS auditorio tipo:

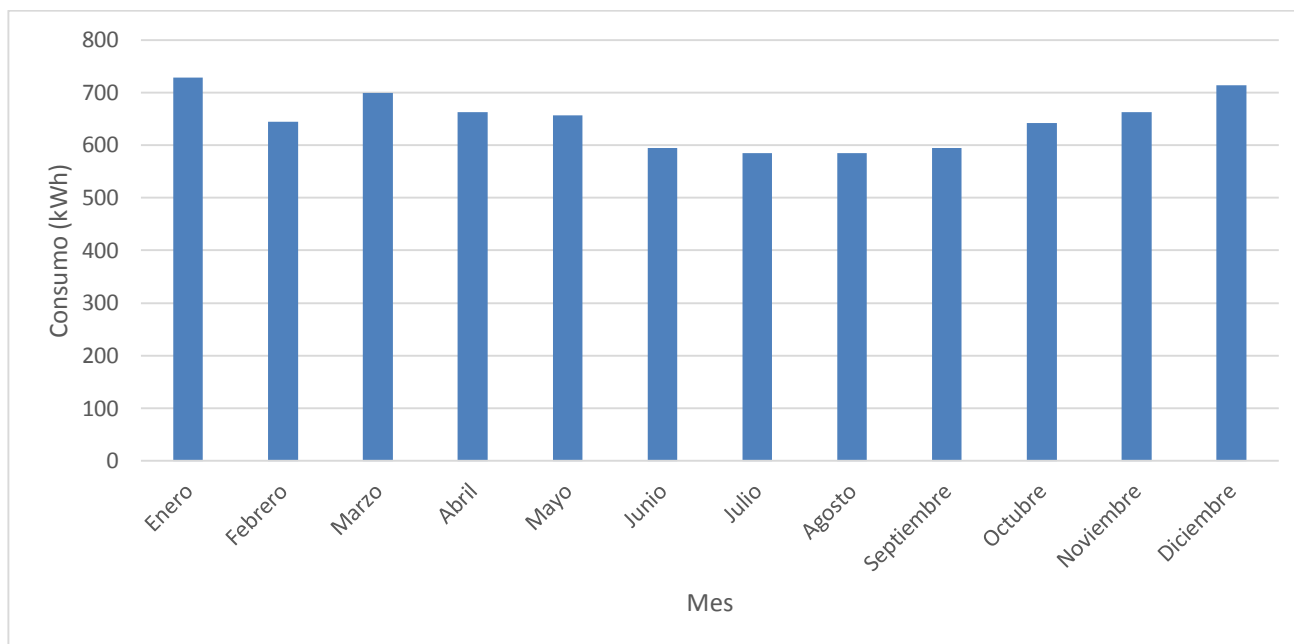


Figura 26. Evolución del consumo anual de ACS auditorio

Se observa en la gráfica que el consumo de ACS se mantiene constante aproximadamente durante todo el año, teniendo un mayor consumo durante los meses de invierno y disminuyendo durante los meses de verano.

#### 4.7.2 Dimensionamiento de los depósitos de agua

En este punto se dimensionarán los depósitos acumuladores para las viviendas y los depósitos de acumulación para los diferentes edificios tipo de la ciudad.

##### 4.7.2.1 Depósito acumulador vivienda tipo

El cálculo del depósito se tendrá en cuenta la temperatura más desfavorable en el que se encuentra ubicado la ciudad considerando también las pérdidas por suministro a través de las tuberías.

Para el cálculo del depósito individual se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q = m * c * \Delta T \quad [2]$$

Ecuación 2. Transferencia de calor

- Datos de partida:

- Potencia térmica = 3,87 kW
- Consumo de ACS = 465 litros
- Tiempo de consumo ACS = 125 min = 2,08 h

- Demanda de calefacción:

$$Demanda = 3,87 \text{ kW} * 1 \text{ h} = 3,87 \text{ kWh}$$

$$Demanda = 3,87 \text{ kWh} * 24 \text{ h} = 92,88 \text{ kWh/día}$$

- Una vez calculado el consumo al día obtendremos el calor necesario para ese consumo.

$$1 \text{ kWh} = 860,4 \text{ Kcal}$$

$$Q = 92,88 \text{ kWh} * \frac{860,4 \text{ Kcal}}{1 \text{ kWh}} = 79913,95 \text{ Kcal}$$

- Aplicando la formula [2] obtendremos la masa del agua para ese calor y temperatura estipulada.

$$79913,95 \text{ Kcal} = m * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{L}^\circ\text{C}} * (48 - 9)^\circ\text{C}$$

$$m = 2049,08 \frac{\text{L}}{\text{día}} = 85,38 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- Demanda ACS:

$$\text{Consumo ACS} = 465 \text{ litros en 2,08 horas}$$

$$\text{Consumo ACS} = \frac{465 \text{ L}}{2,08 \text{ h}} = 223,56 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- Por lo tanto para una vivienda tipo necesitaremos un deposito acumulador de:

$$\text{Depósito} = \text{Consumo ACS} + \text{Consumo calefacción}$$

$$\text{Depósito} = 223,56 + 85,38 = 308,94 \text{ litros}$$

Se necesitará un depósito de 300 litros para el consumo total de la vivienda tipo.



#### 4.7.2.2 Depósito de acumulación edificios destinado a viviendas

A continuación se mencionarán los depósitos de acumulación para los diferentes tipos de edificios de la ciudad.

- Edificio A y B:

Los edificios A y B constan de 66 viviendas en total, el depósito de acumulación para los edificios será el siguiente:

$$\text{Depósito de acumulación} = 66 \text{ viviendas} = 1 \text{ depósito} = 10000 \text{ litros}$$

- Edificio C y D:

Los edificios C y D constan de 156 viviendas en total, el depósito de acumulación para los edificios será el siguiente:

$$\text{Depósito de acumulación} = 156 \text{ viviendas} = 3 \text{ depósitos} = 30000 \text{ litros}$$

- Edificio E y F:

Los edificios E y F constan de 112 viviendas en total, el depósito de acumulación para los edificios será el siguiente:

$$\text{Depósito de acumulación} = 112 \text{ viviendas} = 2 \text{ depósitos} = 20000 \text{ litros}$$

- Edificio G y H:

Los edificios G y H constan de 110 viviendas en total, el depósito de acumulación para los edificios será el siguiente:

$$\text{Depósito de acumulación} = 110 \text{ viviendas} = 2 \text{ depósitos} = 20000 \text{ litros}$$

- Edificio J, M y N:

Los edificios J, M y N constan de 120 viviendas en total, el depósito de acumulación para los edificios será el siguiente:

$$\text{Depósito de acumulación} = 120 \text{ viviendas} = 2 \text{ depósitos} = 20000 \text{ litros}$$

- Edificio I, K y L:

Los edificios I, K y L constan de 122 viviendas en total, el depósito de acumulación para los edificios será el siguiente:

*Depósito de acumulación = 120 viviendas = 2 depósitos = 20000 litros*

#### 4.7.2.3 Depósito de acumulación edificios tipos

- Hotel tipo:

Para el hotel se ha dimensionado solamente el depósito de acumulación, esto se debe que al no contar con los planos, no se sabrá cómo estará distribuido interiormente, se calculará en función a la estimación realizada anteriormente y con la potencia obtenida por el programa CYPE.

- Datos de partida:

- Potencia térmica = 909,04 kW
- Consumo de ACS = 9300 litros
- Número de habitaciones: 93
- Tiempo de funcionamiento: 16 horas

- Demanda de calefacción:

$$Demanda = 909,04 \text{ kW} * 1 \text{ h} = 909,04 \text{ kWh}$$

$$Demanda = 909,04 \text{ kWh} * 16 \text{ h} = 14544 \text{ kWh/día}$$

- Una vez calculado el consumo al día obtendremos el calor necesario para ese consumo.

$$1 \text{ kWh} = 860,4 \text{ Kcal}$$

$$Q = 14544 \text{ kWh} * \frac{860,4 \text{ Kcal}}{1 \text{ kWh}} = 12514208,26 \text{ Kcal}$$

- Aplicando la formula [2] obtendremos la masa del agua para ese calor y temperatura estipulada.

$$12514208,26 \text{ Kcal} = m * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{L}^\circ\text{C}} * (48 - 9)^\circ\text{C}$$

$$m = 320877,13 \frac{\text{L}}{\text{día}} = 20054,93 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- Demanda ACS:

En el caso más desfavorable se consumirá 9300 litros por los usuarios.

$$\text{Consumo ACS} = 9300 \text{ litros}$$

- Por lo tanto para una vivienda tipo necesitaremos un depósito acumulador de:

$$\text{Depósito} = \text{Consumo ACS} + \text{Consumo calefacción}$$

$$\text{Depósito} = 9300 + 20054,53 = 29354,93 \text{ litros}$$

Por lo tanto necesitaremos un depósito de 30000 litros para el hotel.

▪ Colegio tipo:

Se ha realizado el mismo procedimiento de cálculo que para con el hotel, al no conocer como está distribuido interiormente el colegio, partiremos de las estimaciones realizadas anteriormente y con la potencia calculada por el programa CYPE.

- Datos de partida:

- Potencia térmica = 647,48 kW
- Consumo de ACS = 600 litros
- Número de alumnos: 200
- Tiempo de funcionamiento: 11 horas

- Demanda de calefacción:

$$\text{Demanda} = 647,48 \text{ kW} * 1 \text{ h} = 647,48 \text{ kWh}$$

$$\text{Demanda} = 647,48 \text{ kWh} * 11 \text{ h} = 7122,28 \text{ kWh/día}$$

- Una vez calculado el consumo al día obtendremos el calor necesario para ese consumo.

$$1 \text{ kWh} = 860,4 \text{ Kcal}$$

$$Q = 7122,28 \text{ kWh} * \frac{860,4 \text{ Kcal}}{1 \text{ kWh}} = 6128009,71 \text{ Kcal}$$

- Aplicando la formula [2] obtendremos la masa del agua para ese calor y temperatura estipulada.

$$6128009,71 \text{ Kcal} = m * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{L}^\circ\text{C}} * (48 - 9)^\circ\text{C}$$

$$m = 157128,45 \frac{\text{L}}{\text{día}} = 14284,4 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- Demanda ACS:

En el caso más desfavorable se consumirá 600 litros por los alumnos.

$$\text{Consumo ACS} = 600 \text{ litros}$$

- Por lo tanto para una vivienda tipo necesitaremos un depósito acumulador de:

$$\text{Depósito} = \text{Consumo ACS} + \text{Consumo calefacción}$$

$$\text{Depósito} = 600 + 14284,4 = 14884,4 \text{ litros}$$

Por lo tanto necesitaremos un depósito de 15000 litros para el colegio.

- Laboratorio tipo:

Se ha realizado el mismo procedimiento de cálculo, al no conocer como está distribuido interiormente el laboratorio, partiremos de las estimaciones realizadas anteriormente y con la potencia calculada por el programa CYPE.

- Datos de partida:

- Potencia térmica = 297,56 kW
- Consumo de ACS = 120 litros
- Número de servicios: 2
- Tiempo de funcionamiento: 12 horas

- Demanda de calefacción:

$$\text{Demanda} = 297,56 \text{ kW} * 1 \text{ h} = 297,56 \text{ kWh}$$

$$\text{Demanda} = 297,56 \text{ kWh} * 12 \text{ h} = 3570,72 \text{ kWh/día}$$

- Una vez calculado el consumo al día obtendremos el calor necesario para ese consumo.

$$1 \text{ kWh} = 860,4 \text{ Kcal}$$

$$Q = 3570,72 \text{ kWh} * \frac{860,4 \text{ Kcal}}{1 \text{ kWh}} = 3072247,49 \text{ Kcal}$$

- Aplicando la formula [2] obtendremos la masa del agua para ese calor y temperatura estipulada.

$$3072247,49 \text{ Kcal} = m * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{L}^\circ\text{C}} * (48 - 9)^\circ\text{C}$$

$$m = 78775,58 \frac{\text{L}}{\text{día}} = 6564,63 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- Demanda ACS:

En el caso más desfavorable se consumirá 120 litros por los servicios.

$$\text{Consumo ACS} = 120 \text{ litros}$$

- Por lo tanto para una vivienda tipo necesitaremos un depósito acumulador de:

$$\text{Depósito} = \text{Consumo ACS} + \text{Consumo calefacción}$$

$$\text{Depósito} = 120 + 6564,63 = 6684,63 \text{ litros}$$

Por lo tanto necesitaremos un depósito de 6700 litros para el laboratorio.

- Auditorio tipo:

Se ha realizado el mismo procedimiento de cálculo, al no conocer como está distribuido interiormente el auditorio, partiremos de las estimaciones realizadas anteriormente y con la potencia calculada por el programa CYPE.

- Datos de partida:

- Potencia térmica = 466,32 kW
- Consumo de ACS = 60 litros
- Tiempo de funcionamiento: 10 horas

- Demanda de calefacción:

$$Demanda = 466,32 \text{ kW} * 1 \text{ h} = 466,32 \text{ kWh}$$

$$Demanda = 466,32 \text{ kWh} * 10 \text{ h} = 4663,2 \text{ kWh/día}$$

- Una vez calculado el consumo al día obtendremos el calor necesario para ese consumo.

$$1 \text{ kWh} = 860,4 \text{ Kcal}$$

$$Q = 4663,2 \text{ kWh} * \frac{860,4 \text{ Kcal}}{1 \text{ kWh}} = 4012217,28 \text{ Kcal}$$

- Aplicando la formula [2] obtendremos la masa del agua para ese calor y temperatura estipulada.

$$4012217,28 \text{ Kcal} = m * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{L}^\circ\text{C}} * (48 - 9)^\circ\text{C}$$

$$m = 102877,37 \frac{\text{L}}{\text{día}} = 10287,74 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- Demanda ACS:

En el caso más desfavorable se consumirá 60 litros

$$Consumo ACS = 120 \text{ litros}$$

- Por lo tanto para una vivienda tipo necesitaremos un depósito acumulador de:

$$Depósito = Consumo ACS + Consumo calefacción$$

$$Depósito = 600 + 10287,74 = 10347,74 \text{ litros}$$

Por lo tanto necesitaremos un depósito de 10000 litros para el auditorio.

- Terciario tipo:

Se ha realizado el mismo procedimiento de cálculo, al no conocer como está distribuido interiormente el edificio destinado al comercio, partiremos de las estimaciones realizadas anteriormente y con la potencia calculada por el programa CYPE.

- Datos de partida:

- Potencia térmica = 7,14 kW
- Consumo de ACS = 300 litros
- Tiempo de funcionamiento: 15 horas
- Demanda de calefacción:

$$Demanda = 7,14 \text{ kW} * 1 \text{ h} = 7,14 \text{ kWh}$$

$$Demanda = 7,14 \text{ kWh} * 15 \text{ h} = 107,1 \text{ kWh/día}$$

- Una vez calculado el consumo al día obtendremos el calor necesario para ese consumo.

$$1 \text{ kWh} = 860,4 \text{ Kcal}$$

$$Q = 107,1 \text{ kWh} * \frac{860,4 \text{ Kcal}}{1 \text{ kWh}} = 92148,84 \text{ Kcal}$$

- Aplicando la formula [2] obtendremos la masa del agua para ese calor y temperatura estipulada.

$$92148,84 \text{ Kcal} = m * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{L}^\circ\text{C}} * (48 - 9)^\circ\text{C}$$

$$m = 2362,79 \frac{\text{L}}{\text{día}} = 157,52 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- Demanda ACS:

En el caso más desfavorable se consumirá 300 litros

$$Consumo \text{ ACS} = 300 \text{ litros}$$

- Por lo tanto para una vivienda tipo necesitaremos un depósito acumulador de:

$$Depósito = Consumo \text{ ACS} + Consumo \text{ calefacción}$$

$$Depósito = 300 + 157,52 = 457,52 \text{ litros}$$

Por lo tanto necesitaremos un depósito de 500 litros para el edificio destinado al comercio, en total en la zona terciaria hay 4 centros, por lo tanto, cada edificio tendrá un depósito de 500 litros aproximadamente.

Los depósitos de acumulación tanto para los edificios destinados a viviendas como para los otros edificios tipo estarán enterrados.

#### 4.7.3 Grupo de presión

- Elección del grupo de presión:

El grupo de presión elegido para los edificios destinados a viviendas, se basará en función de la altura de los edificios, en este caso los edificios de la ciudad tienen una altura de 15 metros aproximadamente.

$$1 \text{ bar} = 10,2 \text{ m.c.a}$$

De acuerdo a la altura del edificio se calculará la bomba de presión:

$$\text{Altura edificio} = 15 \text{ metros}$$

$$\text{Presión del equipo en m.c.a} = 30$$

Por lo tanto la bomba de presión tendrá una presión de:

$$\text{Presión bomba} = \frac{30}{10,2} = 2,94 \approx 3 \text{ bares}$$

Finalmente se elegirá una bomba de 3 bares para el edificio destinado a viviendas.

#### 4.7.4 Aprovechamiento de terrados (placas solares)

Para los edificios del Smart City, que serán de nueva construcción y por normativa se colocarán placas solares en los terrados para aprovechar la energía del sol. De esta manera se podrá complementar la energía obtenida mediante la cogeneración y crear un mix energético y limpio.

- Placas solares Smart City

Que el sol es una de las principales fuentes de obtención de energía limpia y renovable ya no es un misterio para nadie. Pero sí el cómo se consigue que esos rayos de sol que lucen durante el día se transformen en la electricidad que enciende nuestras bombillas y aparatos electrónicos, todo ello se consigue gracias a los paneles solares.

- La energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene a través de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica.



- Generación de la energía solar fotovoltaica

Cuando pensamos en este tipo de energía una de las primeras imágenes que nos llega es la de una placa solar. Estas placas están formadas por módulos y éstos a su vez por células fotovoltaicas. Sus células están formadas por una o varias láminas de material semiconductor y recubiertas de un vidrio transparente que deja pasar la radiación solar y minimiza las pérdidas de calor.

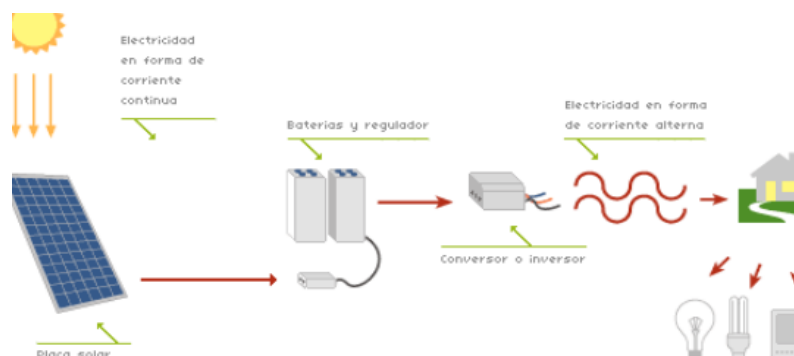


Figura 27. Ejemplo sistema fotovoltaico

Las células solares fotovoltaicas convencionales se fabrican de silicio. Las fabricadas con este material son bastante eficientes, con unos rendimientos medios de 14-17%, aunque también más caras de producir por la alta dependencia en la disponibilidad del silicio. Se han empezado a utilizar otros materiales más baratos, denominándose estas células "de segunda generación", aunque sus rendimientos son menores (10-12%).

Para los sistemas de concentración se usan materiales que forman "multi-uniones", aumentando en gran medida el rendimiento y llegando a valores de 25-30%. Se sigue investigando para reducir los costes de producción y aumentar aún más la versatilidad de los módulos, así como la posibilidad de utilizar materiales más abundantes en el planeta. De esta forma se puede elegir entre los diferentes tipos de células fotovoltaicas para las características específicas de cada instalación.

El proceso de obtención de energía del sol es sencillo.

La luz del sol (que está compuesta por fotones) incide en las células fotovoltaicas de la placa, creándose de esta forma un campo de electricidad entre las capas. Así se genera un circuito eléctrico. Cuanto más intensa sea la luz, mayor será el flujo de electricidad. Además, no es necesario que haya luz directa, ya que en días nublados también funciona.

Las células fotoeléctricas transforman la energía solar en electricidad en forma de corriente continua, y ésta suele transformarse a corriente alterna para poder utilizar los equipos electrónicos que solemos tener en nuestras casas.

El dispositivo que se encarga de esta transformación se denomina inversor. El inversor transforma la corriente continua en corriente alterna con las mismas características que la de la Red eléctrica a la que va a verterse, controlando la uniformidad y calidad de la señal.

Esta corriente alterna generada finalmente pasa por un contador (que la cuantifica) y de allí es inyectada a la Red general.

- Utilización la energía solar fotovoltaica

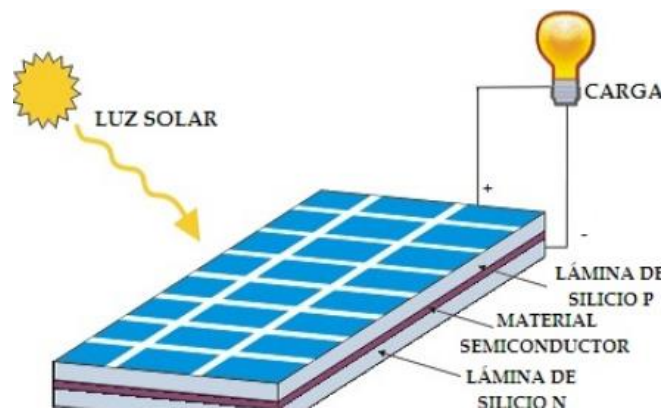


Figura 28. Sistema de utilización placa fotovoltaica

La tecnología solar fotovoltaica puede ser empleada mediante:

Una instalación aislada, sin acceso a la red eléctrica. Esta es muy útil en poblaciones donde es difícil realizar este tipo de conexiones. La electricidad generada se destina al autoconsumo. En este caso será necesario instalar baterías al sistema para poder acumular esta energía generada y así poder consumirla durante la noche; una instalación conectada a la red. En este caso la corriente eléctrica generada por una instalación fotovoltaica puede ser vertida a la red eléctrica como si fuera una central de producción de energía eléctrica. El productor sigue comprando la energía eléctrica consumida y por separado venderá lo producido.

Para nuestro proyecto la instalación de las placas solares serán en los espacios abiertos que encontramos en los terrados o en puntos estratégicos que sean viables para obtención óptima de los rayos solares.

Con este sistema conseguimos apoyo a nuestro sistema de red, con el cual podríamos tener un sinfín de aplicaciones a la hora de ahorrar energía.<sup>22</sup>

## 5- Cogeneración

La cogeneración es un sistema de alta eficiencia energética basado en la producción de la electricidad y energía térmica (calorífica/frigorífica) a partir de la energía primaria contenida en un combustible. En una cogeneración la electricidad es vendida a la red, y el frío o calor producido es aprovechado para satisfacer las necesidades térmicas de la instalación.<sup>23</sup>

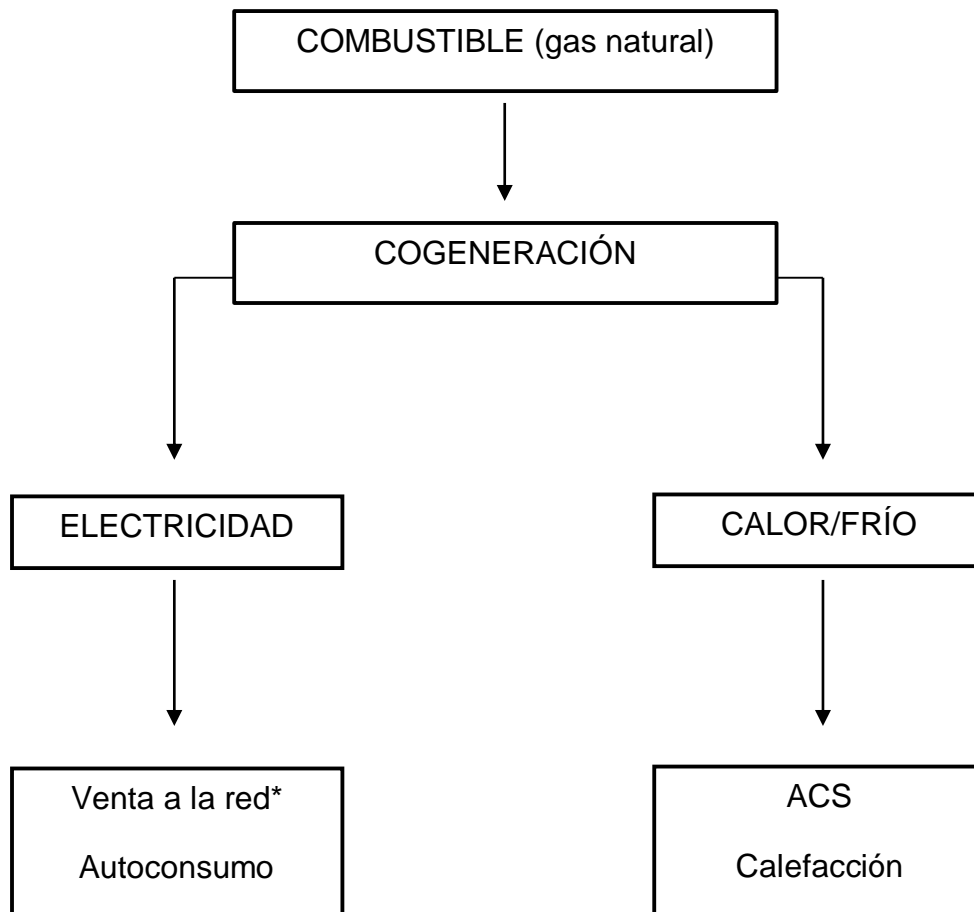


Figura 29. Idea de funcionamiento de la cogeneración

<sup>22</sup> [www.twenergy.com/a/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica-339](http://www.twenergy.com/a/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica-339). Twenergy 31/01/2012

<sup>23</sup> Cogeneración. [www.endesa.com](http://www.endesa.com)

## 5.1 Qué es la cogeneración

La cogeneración se define como la producción conjunta, en proceso secuencial, de electricidad y energía térmica útil a partir de un único combustible. Su eficiencia reside en el aprovechamiento de calor residual de un proceso de generación de electricidad para producir energía térmica útil (vapor, agua caliente, agua fría para refrigeración, etc.). La cogeneración también se conoce como CHP (calor y electricidad combinados).

- Sistemas básicos de cogeneración:
  - Cogeneración con turbina de gas:

Su funcionamiento consiste en la combustión de un combustible en una cámara, introduciéndose en una turbina los gases resultantes, donde se extrae el máximo de su energía, transformándola en energía mecánica. La energía residual puede ser aprovechada para satisfacer, las necesidades térmicas de proceso. Los gases de escape pueden ser utilizados directamente o bien en calderas de recuperación para la generación del vapor requerido por los procesos.

- Cogeneración con turbina de vapor:

En esta turbina, la conversión en energía mecánica se produce por la expansión del vapor a alta presión procedente de una caldera. El sistema genera menos energía eléctrica (mecánica) por unidad de combustible que su equivalente con turbina de gas; sin embargo, el rendimiento global de la instalación es superior. Para la generación del vapor de partida se puede utilizar cualquier combustible, e incluso corrientes energéticas residuales de los procesos productivos.

- Cogeneración en ciclo combinado:

Aplicación conjunta de una turbina de gas y una de vapor. Su rendimiento global es mayor que las soluciones anteriores.

- Cogeneración con un motor alternativo:

Se obtienen rendimientos eléctricos más elevados pero con una mayor limitación en lo referente a aprovechamiento de la energía térmica, ya que posee un nivel térmico inferior y se encuentra repartida entre diferentes subsistemas. Los sistemas con motor alternativo presentan una mayor

flexibilidad de funcionamiento, lo que permite responder de manera casi inmediata a las variaciones de potencia, sin que ello conlleve un gran incremento en el consumo específico del motor.<sup>24</sup>

## 5.2 Introducción a la propuesta “Mas Rabassa”

A continuación comentaremos las razones de por qué hemos escogido la cogeneración como solución energética. Posteriormente localizaremos la zona donde se ha pensado localizar los módulos y por último recordar la demanda de energía que hay que cubrir.

### 5.2.1- Justificación propuesta “Mas Rabassa”

Para este proyecto se ha elegido como idea implementar un sistema de cogeneración mediante el cual la ciudad siempre tendrá energía suficiente para autoabastecerse, esta idea surgió cuando se hacía el estudio energético para la ciudad, es decir, que una vez calculado todas las cargas de la ciudad, se propuso como idea esta tecnología, ya que es una tecnología innovadora, limpia y segura, lo más importante es que no dependemos de las eléctricas que es un punto a favor de esta idea, claro que pueden surgir otras ideas respecto al proyecto, pero como propuesta se ha aceptado esta tecnología como solución a la Smart City.

### 5.2.2- Selección de la tecnología

Para el sistema de cogeneración se han elegido los módulos CHP CE 400 NA de la marca Bosch para la demanda necesaria de la ciudad. El motivo de la elección se debe a que estos módulos se pueden poner en el lugar deseado y lo más cerca posible al sistema que los necesite, con lo cual, habrá menos pérdidas, se construirá un habitáculo para su disposición con las medidas correspondientes para su buen uso y evitar las molestias de los usuarios de los edificios colindantes, estos módulos de alimentarán de gas natural distribuido a través de la central térmica de gas, en caso de fallo de suministro, la ciudad contará con un depósito auxiliar de combustible GLP (gas licuado), que permitirá el funcionamiento de la ciudad a través de los módulos hasta que el suministro de gas natural sea reparado.

Los módulos de cogeneración CHP son apropiados para satisfacer demandas térmicas y además de proveer de suministro eléctrico a la instalación. Su diseño compacto y las comprobaciones de funcionamiento en fábrica configuran a estos módulos como equipos listos para ser conectados rápidamente a la instalación con múltiples aplicaciones posibles.<sup>25</sup>

<sup>24</sup> Eficiencia y sostenibilidad. Cogeneración. Gas natural Fenosa.

<sup>25</sup> Documento de planificación. Módulos de cogeneración CHP Bosch.

### 5.2.2.1 Ventajas del módulo CHP

- Se integra con el medio ambiente.
- Conversión efectiva de energía con altos cargos de eficiencia.
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de consumo de energía primario al generar simultáneamente calor y electricidad.
- Economía y durabilidad, producción eficiente de energía in situ.
- Integración óptima a la instalación debido a su diseño compacto y sistema hidráulico integrado.
- Monitorización efectiva.
- Posible comunicación con sistema remoto de monitorización vía MODEM.<sup>26</sup>

### 5.2.2.2 Descripción del sistema módulo CHP

Un módulo de CHP básicamente comprende un motor de gas, generador trifásico y varios sistemas de intercambio de calor integrados en el mismo aparato. El motor mueve al generador para la producción de electricidad. Los generadores son usados para la producción eléctrica.

Se produce en el proceso un excedente de energía térmica al estar trabajando un motor de combustión interna. Internamente el calor producido en el motor se reconduce sucesivamente al aceite del motor, al refrigerante del motor y a los gases de salida del motor, este calor se aprovecha en diferentes intercambiadores de calor repartidos en el módulo CHP.

Este medio de aprovechamiento de energía térmica asociada a la producción eléctrica se denomina cogeneración, combinando en un mismo módulo la generación eléctrica y térmica.<sup>27</sup>

### 5.2.2.3 Componentes módulo CHP

En este punto se mencionarán las partes del módulo de cogeneración CHP, los cuales, son los siguientes:

---

<sup>26</sup> IDEM 23

<sup>27</sup> IDEM 23

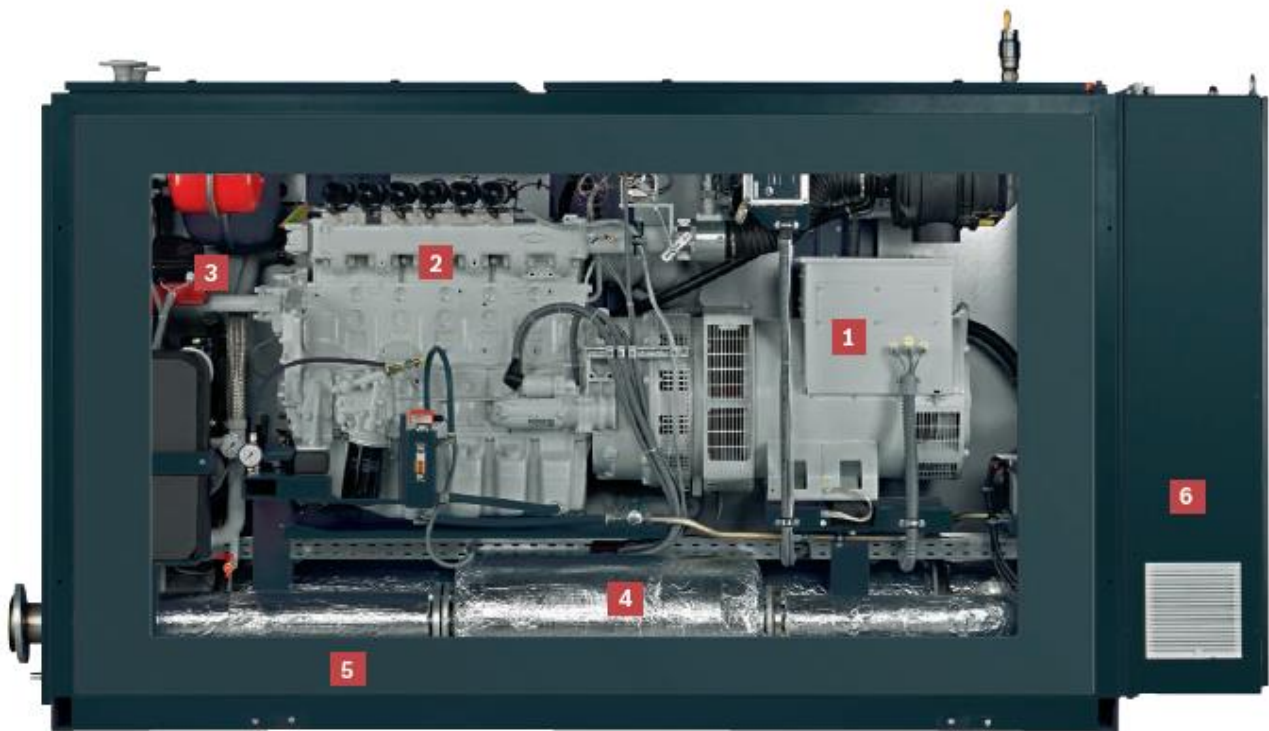


Figura 30. Diseño interior del módulo CHP. Fuente: Catálogo Bosch

1. Generador síncrono.
2. Motor a gas.
3. Hidráulica de calefacción opcional con bomba de circuito de calefacción, válvula de tres vías con conjunto actuador, vaso de expansión, válvula de seguridad y regulación.
4. Silenciador primario integrado.
5. Bandeja inferior cerrada.
6. Cuadro de control integrado para monitorización y control.

- A continuación se muestran las características del módulo CHP CE 400 NA.

Tipo	CHP CE 400 NA
Generación de corriente trifásica	400/50
Temperatura de calefacción impulsión/retorno en °C	90/70
Potencia eléctrica en kW <sub>el</sub>	400
Potencia térmica en kW <sub>th</sub>	500
Potencia combustible en kW <sub>th</sub>	1038
Rango de modulación en kW <sub>el</sub>	200 – 400
Eficiencia eléctrica en %	38,5
Temperatura de retorno antes del módulo min /máx. en °C	50/65
Presión de servicio máximo admisible en bar	6
Máximo sobrecalentamiento en K	20
Número /posicionamiento en cilindros	12/V
Peso de servicio en kg	6950
<b>Dimensiones de la instalación</b>	
Longitud en mm	4900
Ancho en mm	1660
Altura en mm	2470

Tabla 52. Características módulo CHP. Fuente: Catálogo Bosch

### 5.2.3- Demanda energética del “Mas Rabassa”

La demanda a cubrir para la ciudad, se basará en función de la hora más desfavorable de consumo de los edificios tipo, para así poder calcular la potencia necesaria que puedan necesitar y también para saber si los módulos CHP nos puedan garantizar el consumo ininterrumpido de energía (calor y electricidad). En caso de que el módulo no pueda dar el calor necesario, éste se complementará con una bomba de geotermia que nos permitirá lograr dar el calor restante para cumplir con el objetivo.

- Escape del módulo CHP

Se aprovechará el calor emitido por los tubos de escape del módulo (emisiones de CO<sub>2</sub>) para realimentar en forma de calor al sistema, es decir, mediante una tubería que irá conectado al depósito de acumulación central, se refrigerará la tubería conectada al depósito, una vez dentro mediante un serpentín se aprovechara el calor cedido por el escape del módulo para calentar el depósito y mantenerlo a un temperatura constante.



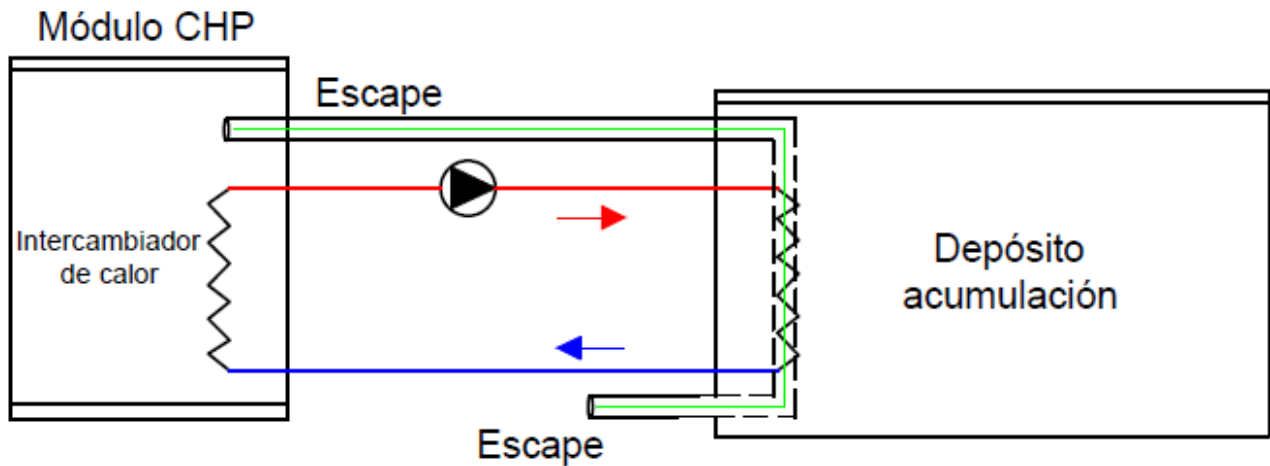


Figura 31. Funcionamiento del escape del módulo CHP

#### 5.2.4 Bomba de calor geotérmica

Nuestro planeta está cambiando y ya ha empezado a darnos señales de la peligrosa situación a la que estamos sometiendo, contaminando cada vez más nuestro planeta mientras quemamos sus reservas de combustibles a precios cada vez mayores.

Mientras tanto, una cantidad ilimitada de energía, totalmente renovable y gratuita, se encuentra almacenada bajo nuestros pies, esperando a ser aprovechada.

Con las bombas de calor geotérmicas podemos captar esta energía y utilizarla para climatizar nuestros hogares de la forma más económica posible, a vez que contribuimos a solucionar el grave problema de la degradación del medio ambiente de nuestro planeta. En este sentido, las bombas de calor geotérmicas representan claramente el futuro.

Por lo tanto para la Smart City se tomará en cuenta esta tecnología para el aporte de calor al sistema como complemento para con los módulos CHP.

En definitiva, la bomba de calor de geotérmica consigue extraer calor del terreno y transferirlo al interior de los edificios.<sup>28</sup>

<sup>28</sup> Catálogo bomba de calor geotérmica. Ecoforest.es

### 5.2.4.1 Elección de la bomba de calor geotérmica

Para el abastecimiento de calor restante para cada edificio tipo se ha elegido una bomba de calor geotérmica de la marca Ecoforest, modelo ecoGEO HP1 de 25 – 100 kW de potencia calorífica y un consumo eléctrico de 6,5 – 30 kW.

- Características de la bomba geotérmica.

ecoGEO HP geothermal heat pumps TECNICAL DATA		Unit	ecoGEO HP1 12-40	ecoGEO HP1 15-70	ecoGEO HP1 25-100
Application	Heating and DHW	-	•	•	•
Refrigerant	Type	-	R410A		
Components	Compressor	-	Scroll with inverter. Danfoss		
	Expansion valve	-	Electronic. Carel		
	Heat exchangers	-	Plates. Alfa Laval		
	Liquid tank	-	Included, 5 litres		
	Filter-dryer	-	Included		
Electrical data	Slight glass	-	Included		
	Input voltage	V	400 V / 50 Hz, 3/N/PE~		
Efficiency	Magneto-thermal protection	A	25	32	50
	Heating output <sup>1</sup>	kW	12-40	15-70	25-100
	Power consumption <sup>1</sup>	kW	3,5-15	4,5-20	6,5-30
Refrigerant circuit	COP <sup>1</sup>	-	4,6-5	4,6-5	4,6-5
	Refrigerant charge	kg	--	--	--
	Maximum working pressure	bar	42	42	42
	Compressor oil type	-	POE	POE	POE
Heating circuit	Compressor oil charge	kg	--	--	--
	Maximum/minimum temperature	°C	60/20		
	Maximum working pressure	bar	3		
Brine circuit	Nominal flow rate ( $\Delta T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	l/h	2000-7000	2500-7200	4300-17200
	Maximum/minimum temperature	°C	20/-10		
	Maximum working pressure	bar	3		
	Nominal flow rate ( $\Delta T = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	l/h	2500-8500	3200-15000	5400-21700
Soundproofing	Recommended antifreeze <sup>3</sup>	-	Propylene-glycol/water with freezing point $-17 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$		
Dimensions	Noise emission level <sup>2</sup>	dB	--	--	--
Weight	Height x Width x Depth	mm	1000 x 950 x 900		
	Unladen weight (without assembly)	kg	280	320	350

Tabla 53. Características bomba de calor geotérmica. Fuente: ecoforest.es

## 5.3 Localización del habitáculo para el sistema generador de energía

De acuerdo al plano de edificación de la ciudad, se establecerá la localización de los módulos CHP, las bombas de calor geotérmicas, así como los depósitos de acumulación de los edificios tipos que estarán enterrados debajo del habitáculo, éstos estarán situados en un habitáculo con todas sus prestaciones de seguridad.

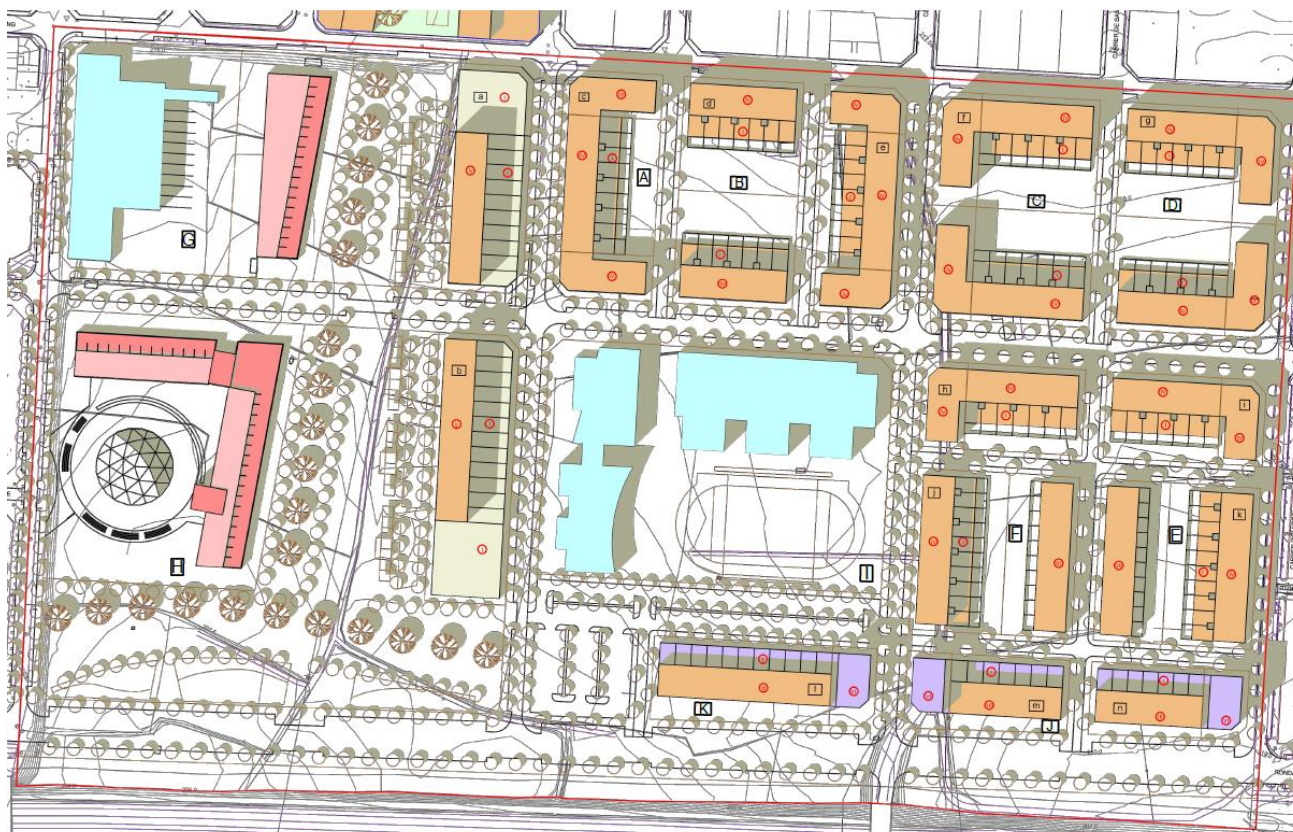


Figura 32. Localización de los habitáculos del sistema generador. Fuente:  
[www.vilafranca.org/html/infoactualitat/mas\\_rabassa.html](http://www.vilafranca.org/html/infoactualitat/mas_rabassa.html)

La localización de los componentes se basará en los puntos establecidos en el plano de la ciudad, por lo tanto, la distribución es la siguiente:

- Punto A:

El punto A comprende los edificios A y B, éstos tendrán un depósito de acumulación general de 10.000 litros, para calentar este depósito se necesitará un módulo CHP y 2 bombas de calor geotérmicas.

- Punto B:

El punto B comprende los edificios C y D, éstos tendrán tres depósitos de acumulación de 10.000 litros, para calentar este depósito se necesitará tres módulo CHP y 6 bombas de calor geotérmicas.

- Punto C:

El punto C comprende los edificios E y F, éstos tendrán dos depósitos de acumulación de 10.000 litros, para calentar este depósito se necesitará dos módulo CHP y 4 bombas de calor geotérmicas.

- Punto D:

El punto D comprende los edificios G y H, éstos tendrán dos depósitos de acumulación de 10.000 litros, para calentar este depósito se necesitará dos módulos CHP y 4 bombas de calor geotérmicas.

- Punto E:

El punto E comprende los edificios J, M y N, éstos tendrán dos depósitos de acumulación de 10.000 litros, para calentar este depósito se necesitará dos módulos CHP y 4 bombas de calor geotérmicas.

- Punto F:

El punto F comprende los edificios I, K y L, éstos tendrán dos depósitos de acumulación de 10.000 litros, para calentar este depósito se necesitará dos módulos CHP y 4 bombas de calor geotérmicas.

- Punto G:

El punto G comprende los edificios del laboratorio y auditorio, éstos necesitarán un módulo CHP para el suministro eléctrico, con lo cual el laboratorio necesitará 2 bombas de calor geotérmicas para calentar el depósito de acumulación y el auditorio necesitará de cinco bombas de calor geotérmica para calentar el depósito de 6.700 litros.

- Punto H:

El punto H comprende el edificio destinado a hotel, éste tendrá un depósito de 30.000 litros, para calentar este depósito se necesitará de dos módulos CHP y 10 bombas de calor geotérmicas.

- Punto I:

El punto I comprende el edificio destinado al colegio, éstos tendrán un depósito de acumulación de 15.000 litros, para calentar este depósito se necesitará un módulo CHP y 6 bombas de calor geotérmicas.

- Punto J:

EL punto J comprende los edificios destinados al comercio, éstos solamente necesitarán para calentar sus depósitos de bombas de calor geotérmicas ya que el suministro eléctrico provendrá de los edificios destinado a viviendas (I, K, L o J, M, N), se dividirá en dos partes, es decir, hay 4

edificios destinados al comercio, los dos primeros necesitarán de una bomba de calor geotérmica para calentar el depósito de acumulación.

- Punto K:

El punto K comprende los otros dos edificios destinado al comercio, éstos solamente necesitarán para calentar el depósito de bombas de calor geotérmicas ya que el suministro eléctrico provendrá del colegio, debido a que todo el sistema estará interconectado, éstos necesitarán de una bomba de calor geotérmica para calentar el depósito de acumulación.

Finalmente, se destaca que todo el proceso se basa en que los depósitos de acumulación de los edificios tipo de la ciudad se mantengan a una temperatura constante para el buen funcionamiento del sistema.

## 5.4 Esquema de funcionamiento del sistema generador de energía

Como propuesta se plantea el siguiente esquema para la vivienda tipo, el cual se podrá observar el funcionamiento del sistema para la calefacción y refrigeración de la misma, esto está sujeto a cambios posteriores si así lo requiere. Para los demás edificios tipos al no tener los planos no se sabe cómo estará distribuido interiormente, pero se tendrá en cuenta la base del esquema, es decir, módulo CHP, depósito acumulación de agua y las bombas de calor geotérmicas.

- Esquema funcionamiento:

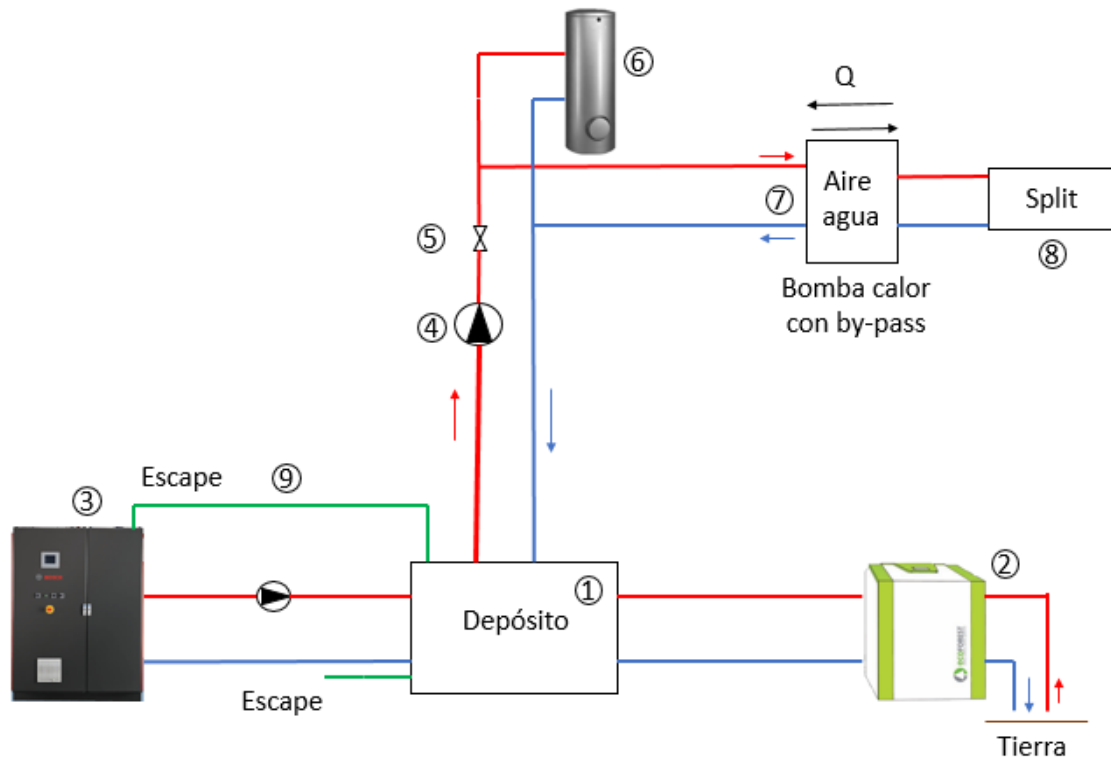


Figura 33. Esquema de funcionamiento del sistema generador

- Descripción del sistema:

1. Depósito de acumulación
2. Bomba de calor geotérmica
3. Módulo CHP de la marca Bosch
4. Bomba de presión
5. Sensor de caudal (caudalímetro)
6. Deposito acumulador individual (300 litros)
7. Bomba de calor aire-agua
8. Sistema inverter
9. Escape CO2 módulo CHP



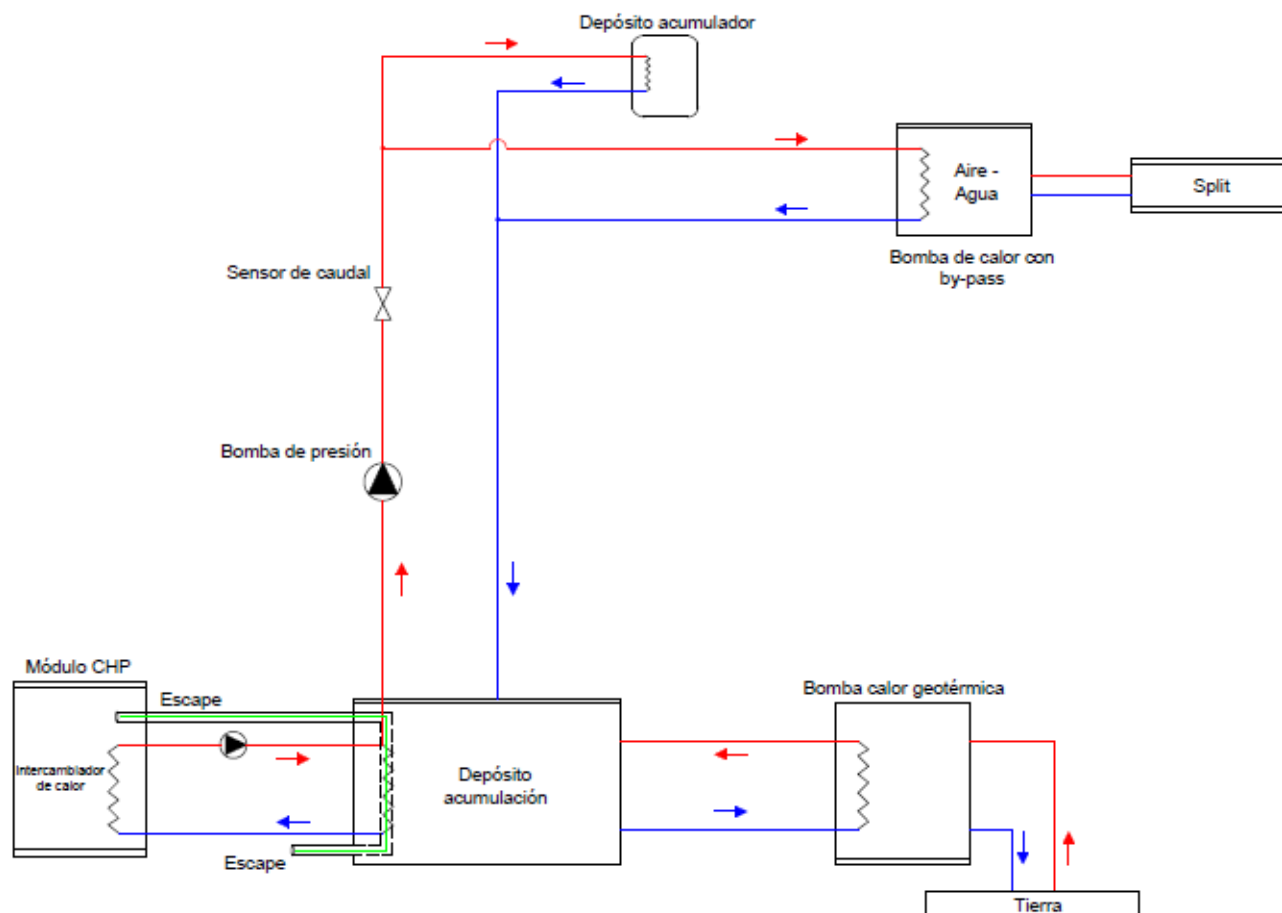


Figura 34. Esquema de funcionamiento interior del sistema generador

En la figura se muestra el sistema de funcionamiento para calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS) para la vivienda tipo, el módulo CHP suministrará calor al depósito de acumulación, a la vez que la bomba de calor geotérmica aportará el calor restante para que el depósito se mantenga a una temperatura constante, mediante una bomba de presión se suministrará agua a las viviendas del bloque, cada una de éstas tendrá un depósito acumulador que a través de un serpentín permitirá regular la temperatura para que el usuario pueda consumir ACS y además nos garantiza que tendremos ACS siempre, en el interior de la vivienda se instalará una bomba de calor aire - agua , cuya función es climatizar la vivienda, es decir, con un sistema que compensa la entrada y salida de aire caliente o frío según la estación de año, ya que es un sistema inverter.

## 5.5 Cálculos efectuados

En este punto se calculará los módulos necesarios para el suministro de la ciudad, así como el calor aportado por las bombas de calor geotérmicas.

### 5.5.1 Número de módulos CHP

Una vez obtenido la potencia total de la Smart City, ver apartado 4.5, se procederá a calcular el número de módulos necesarios en función de dicha potencia. Para el cálculo del número de módulos se ha tenido en cuenta la potencia nominal del mismo.

- Datos de partida:
- Módulo CHP CE 400 NA: 400 kW<sub>el</sub>
- Potencia total Smart City: 4,1 MW

$$N^{\circ} \text{ módulos CHP} = \frac{\text{Potencia total}}{\text{Potencia módulo}} = \frac{4,35}{0,4} = 10,88 \approx 11 \text{ módulos}$$

Se necesitarán 11 módulos para abastecer a la ciudad, pero se tomará como base un total de 16 módulos por motivos de seguridad, ya que en cualquier momento puede haber fallos entre los mismos y por esta razón se ha tomado en cuenta esta cantidad de módulos, cabe destacar que no todos los módulos funcionaran a la vez, por lo cual, cuando se necesite de más energía, estos se proporcionaran mutuamente ya que estarán interconectados.

#### 5.5.1.2 Edificio de viviendas tipo

Para el edificio de viviendas tipo, el cálculo del calor necesario se basará en función de lo que consume cada edificio, es decir, de los litros totales necesario para una hora desfavorable.

- Edificio A y B:

Estos bloques de edificios comprenden 66 viviendas con un depósito de acumulación de 10000 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculara el calor necesario que contiene el depósito, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a un temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:
- Volumen depósito acumulación: 10000 L = 10 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>



- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left( 1000 \frac{kg}{m^3} * 10 m^3 \right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 °C = 600000 Kcal$$

$$P \left( \frac{Q}{t} \right) = \frac{600000}{1} = 600000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 60000 * 1,163 = 697800 W = 697,8 kW_{th}$$

Los edificios A y B necesitarán una potencia térmica de 697,8 kW<sub>th</sub> para calentar un depósito de 10 m<sup>3</sup>.

El módulo CHP no podrá abastecer el calor necesario ya que tiene una potencia nominal térmica de 500 kW<sub>th</sub>, con lo cual, la bomba de geotermia abastecerá con el calor restante para que mantenga el depósito a una temperatura constante.

- Edificio C y D:

Estos bloques de edificios comprenden 156 viviendas, en total tendrán 3 depósitos de acumulación de 10000 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculará el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a una temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 10000 L = 10 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C

- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left(1000 \frac{kg}{m^3} * 10 m^3\right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 ^\circ C = 600000 Kcal$$

$$P \left(\frac{Q}{t}\right) = \frac{600000}{1} = 600000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 600000 * 1,163 = 697800 W = 697,8 kW_{th}$$

Los edificios C y D necesitarán una potencia térmica de 697,8 kW<sub>th</sub> para calentar un depósito de 10 m<sup>3</sup>, cada depósito tendrá un módulo CHP, pero como se mencionado anteriormente este módulo no podrá abastecer el calor necesario para mantener a una temperatura constante el depósito, por lo tanto se complementará con una bomba de geotermia para cada depósito.

- Edificio E y F:

Estos bloques de edificios comprenden 112 viviendas, en total tendrán 2 depósitos de acumulación de 10000 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculara el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a un temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 10000 L = 10 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left(1000 \frac{kg}{m^3} * 10 m^3\right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 ^\circ C = 600000 Kcal$$

$$P \left(\frac{Q}{t}\right) = \frac{600000}{1} = 600000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 600000 * 1,163 = 697800 W = 697,8 kW_{th}$$

Los edificios necesitarán una potencia térmica de 697,8 kW<sub>th</sub> para calentar un depósito de 10 m<sup>3</sup>, cada depósito contará con un módulo CHP y con una bomba de geotermia para cada depósito que nos permitirá complementar el calor que falte.

- Edificio G y H:

Estos bloques de edificios comprenden 110 viviendas, en total tendrán 2 depósitos de acumulación de 10000 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calcula el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a una temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 10000 L = 10 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left( 1000 \frac{kg}{m^3} * 10 m^3 \right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 ^\circ C = 600000 Kcal$$

$$P \left( \frac{Q}{t} \right) = \frac{600000}{1} = 600000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 600000 * 1,163 = 697800 W = 697,8 kW_{th}$$

Los edificios necesitarán una potencia térmica de 697,8 kW<sub>th</sub> para calentar un depósito de 10 m<sup>3</sup>, cada depósito contará con un módulo CHP y con una bomba de geotermia para cada depósito que nos permitirá complementar el calor que falte.

- Edificio J, M y N:

Los edificios constan de 120 viviendas en total, en total tendrán 2 depósitos de acumulación de 10000 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculara el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a un temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 10000 L = 1 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left( 1000 \frac{kg}{m^3} * 10 m^3 \right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 ^\circ C = 600000 Kcal$$

$$P \left( \frac{Q}{t} \right) = \frac{600000}{1} = 600000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 600000 * 1,163 = 697800 W = 697,8 kW_{th}$$

Para el conjunto de edificios se necesitarán 2 depósitos cada uno necesitara un calor de 697,8 kW<sub>th</sub>, en cada uno habrá un módulo CHP, pero con éstos no se cubrirán el calor necesario, por lo cual, se instalarán bombas de geotermia para aprovechar el calor del subsuelo y poder complementar con los módulos CHP para poder abastecer del calor necesario a los depósitos.

- Edificio I, K y L:

Los edificios I, K y L constan de 122 viviendas, en total tendrán 2 depósitos de acumulación de 10000 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculara el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a un temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 10000 L = 1 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left( 1000 \frac{kg}{m^3} * 10 m^3 \right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 °C = 600000 Kcal$$

$$P \left( \frac{Q}{t} \right) = \frac{600000}{1} = 600000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 600000 * 1,163 = 697800 W = 697,8 kW_{th}$$

Para el conjunto de edificios se necesitarán 2 depósitos cada uno necesitara un calor de 697,8 kW<sub>th</sub>, en cada uno habrá un módulo CHP, pero con éstos no se cubrirán el calor necesario, por lo cual, se instalarán bombas de geotermia para aprovechar el calor del subsuelo y poder complementar con los módulos CHP para poder abastecer del calor necesario a los depósitos.

### 5.5.1.3 Edificios tipo

Se realizará el mismo procedimiento de cálculo que para con las viviendas.

- Hotel tipo:

El hotel comprende un total de 93 habitaciones con un depósito de acumulación de 30000 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad calculada.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculara el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a un temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 30000 L = 30 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left(1000 \frac{kg}{m^3} * 30 m^3\right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 °C = 1800000 Kcal$$

$$P \left(\frac{Q}{t}\right) = \frac{1800000}{1} = 1800000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 1800000 * 1,163 = 2093400 W = 2093,4 kW_{th}$$

El hotel necesitará una potencia térmica de 2093,4 kW<sub>th</sub> para calentar un depósito de 30 m<sup>3</sup>.

Se instalará dos módulo CHP, con lo cual, proporcionará calor al hotel, pero con éste no será suficiente, por lo tanto, el calor restante se suministrará a través de las bombas de geotermias instaladas.

- Colegio tipo:

El colegio tiene un depósito de acumulación de 15000 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculara el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a un temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 15000 L = 15 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left(1000 \frac{kg}{m^3} * 15 m^3\right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 °C = 9000000 Kcal$$

$$P \left(\frac{Q}{t}\right) = \frac{9000000}{1} = 9000000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 9000000 * 1,163 = 1046700 W = 1046,7kW_{th}$$

El colegio necesitará una potencia térmica de 1046,7 kW<sub>th</sub> para calentar un depósito de 15 m<sup>3</sup>.

Se instalará un módulo CHP, con lo cual, proporcionará calor al colegio, pero con éste no será suficiente, por lo tanto, el calor restante se suministrará a través de las bombas de geotermias instaladas.

- Laboratorio tipo:

El laboratorio tiene un depósito de acumulación de 6700 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculara el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a un temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 6700 L = 6,7 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left( 1000 \frac{kg}{m^3} * 6,7 m^3 \right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 °C = 402000 Kcal$$

$$P \left( \frac{Q}{t} \right) = \frac{402000}{1} = 402000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 402000 * 1,163 = 467526 W = 467,53 kW_{th}$$

El laboratorio necesitará una potencia térmica de 467,53 kW<sub>th</sub> para calentar un depósito de 6,7 m<sup>3</sup>.

- Auditorio tipo:

El auditorio tiene un depósito de acumulación de 10000 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad calculada.



- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculara el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a un temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 10000 L = 10 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left(1000 \frac{kg}{m^3} * 10 m^3\right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 °C = 600000 Kcal$$

$$P \left(\frac{Q}{t}\right) = \frac{600000}{1} = 600000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 600000 * 1,163 = 697800 W = 697,8 kW_{th}$$

El laboratorio necesitará una potencia térmica de 697,8 kW<sub>th</sub> para calentar un depósito de 10 m<sup>3</sup>.

Se instalará un módulo CHP para el laboratorio y auditorio para que suministre el calor al depósito, pero éste no será suficiente, con lo cual, se instalarán bombas de calor de geotermia que aprovechará el calor del suelo para suministrar el calor restante al depósito para mantenerlo a una temperatura constante.

- Terciario tipo:

El edificio destinado al comercio tiene un depósito de acumulación de 500 litros.

A continuación se calculará el calor necesario para esta cantidad.

- Aplicando la fórmula [2] mencionada anteriormente, se calculara el calor necesario para cada edificio, cabe destacar que el depósito de acumulación se mantendrá a un temperatura constante.

$$Q = m * c * \Delta T$$

- Datos de partida:

- Volumen depósito acumulación: 500 L = 0,5 m<sup>3</sup>
- Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura: 60 °C
- Calor específico del agua: 1 Kcal/kg K

$$Q = (\rho * V) * c * \Delta T$$

$$Q = \left(1000 \frac{kg}{m^3} * 0,5 m^3\right) * 1 \frac{Kcal}{K * kg} * 60 °C = 30000 Kcal$$

$$P \left(\frac{Q}{t}\right) = \frac{30000}{1} = 30000 \frac{Kcal}{h}$$

$$1 \frac{Kcal}{h} = 1,163 W$$

$$P = 30000 * 1,163 = 34890 W = 34,89 kW_{th}$$

El edificio destinado al comercio necesitará una potencia térmica de 34,89 kW<sub>th</sub> para calentar un depósito de 0,5 m<sup>3</sup>.

### 5.5.2 Calor aportado al sistema por las bombas de calor geotérmicas

La bomba de calor trabajará para complementar el calor restante que no brinda los módulos CHP, es decir, que aportará la diferencia de calor entre el módulo CHP y el calor calculado de los depósitos, para mantenerlo a una temperatura constante.

Los edificios necesitarán de bombas de calor geotérmicas para lograr calentar el depósito para que se mantenga a una temperatura constante.

A continuación se muestran los cálculos necesarios para el calor necesario que tiene que aportar la bomba de calor geotérmica.

Se basará en los cálculos realizados en los apartados 5.5.1.2 y 5.5.1.3 para los edificios tipos.

#### 5.5.2.1 Edificios destinados a viviendas

- Edificio A y B:

Para estos bloques el calor necesario para calentar un depósito de 10000 litros es de 697,8 kW<sub>th</sub>, el módulo CHP elegido no puede dar el calor necesario, por lo tanto lo complementará con la bomba de calor geotérmica.

$$Potencia\ calorífica = Potencia\ calculada - Potencia\ módulo\ CHP$$

$$Potencia\ calorífica = 697,8 - 500 = 197,8\ kW_{th}$$

$$Bomba\ calor\ geotérmica = 100\ kW_{th}$$

$$Número\ de\ B.C.G = 2$$

- Edificio C y D:

Estos bloques necesitarán 3 depósitos de 10000 litros, cada depósito necesitará un calor de 697,8 kW<sub>th</sub>, la diferencia de calor entre el módulo CHP y la calculada lo aportará la bomba de calor geotérmica para cada depósito.

$$Potencia\ calorífica = 697,8 - 500 = 197,8\ kW_{th}$$

$$Bomba\ calor\ geotérmica = 100\ kW_{th}$$

$$Número\ de\ B.C.G = 6$$

- Edificio E y F:

Estos bloques necesitarán 2 depósitos de 10000 litros, cada depósito necesitará un calor de 697,8 kW<sub>th</sub>, la diferencia de calor entre el módulo CHP y la calculada lo aportará la bomba de calor geotérmica para cada depósito.

$$Potencia\ calorífica = 697,8 - 500 = 197,8\ kW_{th}$$

$$Bomba\ calor\ geotérmica = 100\ kW_{th}$$

$$Número\ de\ B.C.G = 4$$

- Edificio G y H:

Estos bloques necesitarán 2 depósitos de 10000 litros, cada depósito necesitará un calor de 697,8 kW<sub>th</sub>, la diferencia de calor entre el módulo CHP y la calculada lo aportará la bomba de calor geotérmica para cada depósito.

$$- Potencia\ calorífica = 697,8 - 500 = 197,8\ kW_{th}$$

$$- Bomba\ calor\ geotérmica = 100\ kW_{th}$$

$$- Número\ de\ B.C.G = 4$$

- Edificio J, M y N:

Estos bloques necesitarán 2 depósitos de 10000 litros, cada depósito necesitará un calor de 697,8 kW<sub>th</sub>, la diferencia de calor entre el módulo CHP y la calculada lo aportará la bomba de calor geotérmica para cada depósito.

- $Potencia\ calorífica = 697,8 - 500 = 197,8\ kW_{th}$
- $Bomba\ calor\ geotérmica = 100\ kW_{th}$
- $Número\ de\ B.C.G = 4$

- Edificio I, K y L:

Estos bloques necesitarán 2 depósitos de 10000 litros, cada depósito necesitará un calor de 697,8 kW<sub>th</sub>, la diferencia de calor entre el módulo CHP y la calculada lo aportará la bomba de calor geotérmica para cada depósito.

- $Potencia\ calorífica = 697,8 - 500 = 197,8\ kW_{th}$
- $Bomba\ calor\ geotérmica = 100\ kW_{th}$
- $Número\ de\ B.C.G = 4$

### 5.5.2.2 Edificios tipo

- Laboratorio y auditorio:

En la zona del laboratorio y auditorio se instalará un módulo CHP, para el suministro eléctrico no habrá problema ya que el módulo tiene una potencia nominal eléctrica de 400 kW<sub>el</sub>, el problema será el calor necesario para calentar el depósito de acumulación.

El laboratorio tendrá un depósito de 10000 litros y el auditorio uno de 6700 litros, el primero necesitará una potencia térmica de 697,8 kW<sub>th</sub> y el auditorio una potencia de 467,53 kW<sub>th</sub>.

- $Potencia\ calorífica\ laboratorio = 697,8 - 500 = 197,8\ kW_{th}$
- $Bomba\ calor\ geotérmica = 100\ kW_{th}$
- $Número\ de\ B.C.G = 2$
- $Potencia\ calorífica\ auditorio = 467,53\ kW_{th}$
- $Bomba\ calor\ geotérmica = 100\ kW_{th}$

- *Número de B.C.G = 5*

- Colegio:

En la zona del colegio se instalará un módulo CHP, para el suministro eléctrico no habrá problema ya que el modulo tiene una potencia nominal eléctrica de  $400 \text{ kW}_{el}$ , el problema será el calor necesario para calentar el depósito de acumulación.

El colegio tendrá un depósito de 15000 litros y para calentarlo y mantenerlo a una temperatura constante se necesita una potencia de  $1046,7 \text{ kW}_{th}$ .

- *Potencia calorífica =  $1046,7 - 500 = 546,7 \text{ kW}_{th}$*

- *Bomba calor geotérmica =  $100 \text{ kW}_{th}$*

- *Número de B.C.G = 6*

-

- Hotel:

En la zona del hotel se instalará dos módulos CHP, para el suministro eléctrico no habrá problema porque la energía eléctrica de los mismos abastecerá al hotel. El módulo no podrá aportar el calor suficiente para calentar el depósito, por lo tanto se instalarán bombas de calor geotérmicas para complementarlo.

El hotel tendrá un depósito de 30000 litros y para calentarlo y mantenerlo a una temperatura constante se necesita una potencia de  $1046,7 \text{ kW}_{th}$ .

- *Potencia calorífica =  $2093,4 - 1000 = 1093,4 \text{ kW}_{th}$*

- *Bomba calor geotérmica =  $100 \text{ kW}_{th}$*

- *Número de B.C.G = 10*

-

- Terciario:

En la zona destinada al comercio habrá 4 edificios, cada edificio tendrá un depósito de 500 litros, para calentar este depósito se necesitará una potencia de  $34,89 \text{ kW}_{th}$ .

- *Potencia calorífica =  $34,89 * 4 = 139,56 \text{ kW}_{th}$*

- *Bomba calor geotérmica =  $100 \text{ kW}_{th}$*

- *Número de B.C.G = 2*

## 6- Iluminación Inteligente (Smart lighting)

Smart lighting o iluminación inteligente son sinónimos de calidad y eficiencia, lo cual quiere decir que el gasto de energía es menor, el sistema tiene un proceso de mantenimiento menos caro, el confort juega un papel importante y a su vez es respetuoso con el medio ambiente.

Todo esto es posible gracias a la tecnología LED, que son capaces de regular su intensidad sin desperdiciar energía funcionando a pleno rendimiento. Sus aplicaciones son muy diversas, ya que estos sistemas gestionan automáticamente la intensidad o el encendido de las luminarias en función de la presencia y el movimiento de las personas.

Este sistema de iluminación con tecnología LED se puede implementar en diversas calles y carreteras para conseguir la iluminación más adecuada en todo momento. El sistema ha de ser capaz de generar mayor intensidad de iluminación únicamente en los espacios que se necesiten y distribuir esta iluminación de forma eficiente.

Cabe mencionar que la seguridad juega un papel muy importante a la hora de iluminar calles o espacios públicos, el sistema ha de indicar anomalías o en su defecto averías de las luminarias desde el momento que sucede, mejorando así la respuesta a dicha incidencia en el menor tiempo posible.

### 6.1- Sistemas de iluminación inteligente actuales

Actualmente podemos ver en las calles luminarias con bombillas tradicionales que son de vapor de sodio, de mercurio entre otras. El principal problema de estas luminarias es la pérdida de energía en forma de calor, la regulación se hace mediante un balasto eléctrico que mantienen estable o limitan el flujo de corriente que pasa por las lámparas. Este sistema no es muy eficiente ya que se activa según un horario impuesto por la entidad pertinente.



Figura 35. Logotipo tecnología Dali

A día de hoy, muchos fabricantes de luminarias ya emplean tecnología LED en todos sus productos y nos brindan un abanico de opciones de cómo realizar el control de luminosidad de los mismos, de la cual destacaremos la tecnología DALI.

### 6.1.1 Tecnología Dali (digital addressable lighting interface)

El término DALI es sinónimo de estándar, es independiente del fabricante y está diseñado para controlar digitalmente balastos electrónicos y luminarias equipadas con este tipo de tecnología

El estándar (DALI) es compartido y apoyado por los más importantes fabricantes de balastos y electrónicos de iluminación a nivel mundial desde 1999. Hay un Grupo de Trabajo (Activity Group DALI –[www.dali-ag.org](http://www.dali-ag.org)) dedicado a establecer el Estándar DALI.

Desde Octubre del 2003 ABB Stotz Kontakt es miembro del grupo AG DALI y por tanto autorizado a fabricar y vender aparatos compatibles DALI y con el logo DALI.

- Tareas del grupo de trabajo DALI:
- Adopción de la tecnología DALI mundialmente
- Asegurar la compatibilidad de los productos DALI
- Soportar las aplicaciones DALI

No es necesaria la Certificación o el Registro de los productos DALI.

El logo DALI garantiza e indica la compatibilidad de los productos DALI.

DALI es un sistema autónomo. Es un control digital y un subsistema orientado a la tecnología de iluminación. No es un sistema de bus.

DALI es un interface digital en la tecnología de la iluminación, utilizado como un subsistema en la tecnología de edificios, está soportado por todos los fabricantes de balastos y electrónicos de iluminación. Es un estándar independiente del fabricante y está especificado en la normativa DIN IEC 60929

- Cableado

Un cable de 2 hilos –sin polaridad

El cable de control DALI puede instalarse con los cables de red, de energía, (p.e. utilizando un cable estándar de 5 hilos)

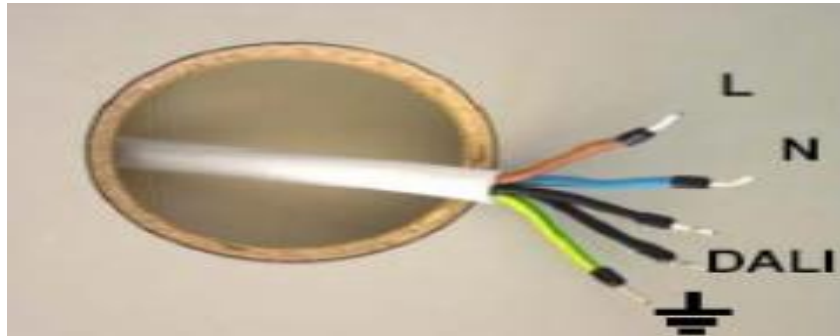


Figura 36. Conexión sistema Dali

- Especificación

La tecnología DALI se especifica en la norma DIN IEC 60929, la cual hace referencia al interface de regulación digital para balastos y dispositivos electrónicos

Características Normalizadas:

- Aspectos técnicos (Corriente, Tensión, Timing...).
- Protocolo de los datos.
- Condiciones de test de los equipos electrónicos de iluminación.

- Datos técnicos

- Velocidad de transmisión de los datos 1200 Baudios (Bits/Seg.).
- Sistema maestro-esclavo sin control de colisión.
- Línea de control de 2 hilos.
- Interface de tensión de 16V (de 9,5V a 22,5V).
- Interface de corriente de 250mA Los dispositivos DALI necesitan un máximo de 2mA.
- No se especifican cables para muy baja tensión, no se utilizan cables especiales.
- Un máximo de 64 componentes (DALI componentes en un sistema).
- Hasta 16 grupos.
- Hasta 16 escenas de iluminación.

- Funcionalidad

- Conexión (ON/OFF).
- Se establecen valores de iluminación.
- Regulación de iluminación con curvas logarítmicas (como el ojo humano).
- Tiempos de desconexión de escenas.



- Control individual de aparatos o de grupos.
- Regulación sincronizada de todos los componentes.
- Control simultáneo de todos los aparatos.
- Límites de regulación máx. / mín.
- Confirmación del estado del aparato (lámpara on/off, nivel de iluminación, fallo en lámpara o equipo electrónico).
- Funcionamiento con energía auxiliar o de emergencia.

La inteligencia del sistema DALI no es centralizada. Muchos de los ajustes y valores de iluminación se almacenan en los balastos y equipos electrónicos de iluminación

- Dirección individual.
- Asignación de los grupos Escenas de iluminación Velocidad de la regulación.
- Cambio de iluminación al recuperar la tensión.
- Valor de iluminación en caso de utilizar la alimentación auxiliar o de emergencia.<sup>29</sup>

## 7- Propuesta de iluminación exterior inteligente “Mas Rabassa”

En este punto se comenta el sistema de control de flujo luminoso propuesto para la Smart City.

### 7.1- Objetivo

La propuesta de iluminación inteligente para este proyecto es la de implementar un sistema que garantice los niveles de iluminación exterior mínima y máxima, que a su vez sea eficiente.

Este sistema de control se centrará en la gestión del flujo luminoso de las luminarias mediante un sistema informático de control, el cual se comunicará vía red (wifi).

### 7.2- Normativa y consideraciones

La normativa a cumplir es la IEC 60929 es un estándar internacional creado por la Comisión Electrotécnica Internacional y cubre balastos electrónicos utilizados en AC suministros con tensiones de hasta 1 000 V y con frecuencias de funcionamiento a 50 Hz o 60 Hz.

La frecuencia de operación real puede diferir de la frecuencia de alimentación especificada.

---

<sup>29</sup> Tecnología Dali. <http://www.voltimum.es/articulo/tecnologia-dali-interface-iluminacion-direccionable-digitalmente>

La norma abarca esencialmente el mismo material que la norma IEC 60921 , pero es considerablemente más compleja debido al aspecto de alta frecuencia de los balastos electrónicos.

Las diferencias de flujo luminoso se han de adaptar a la característica logarítmica del ojo humano.

### **7.3- Idea de funcionamiento**

La principal característica del sistema es controlar el flujo luminoso emitido por la luminaria con tecnología LED, el cual contará con un sensor de presencia y sensor de luminosidad.

Desde el momento que el sistema detecte presencia, la luminosidad empezara a incrementarse en el orden de un 30% hasta el 100% de su capacidad. Este incremento lo hará de forma logarítmica teniendo en cuenta la característica del ojo humano, esto quiere decir que a medida que el flujo luminoso se incrementa no ha de ser deslumbrante o causar alguna incomodidad al ojo humano.

El sistema se mantendrá al 100% de iluminación mientras se detecte presencia, en caso contrario se ajustara un tiempo prudente y una vez pasado este tiempo el sistema disminuirá la luminosidad en el orden de 100% a 30%. Si en este proceso el sistema volviera a detectar presencia pasaría a incrementar el flujo hasta llegar al 100%.

El sistema podrá regular sus parámetros de acuerdo a las necesidades demandadas, se estima un consumo de energía óptima.

Para la comprobación del sistema de iluminación inteligente se ha implementado un prototipo para la demostración del mismo el cual se explica a continuación.

#### **7.3.1- Prototipo experimental**

Para la demostración de funcionamiento del sistema antes mencionado, hemos implementado un prototipo experimental que consta de los siguientes materiales.

#### **7.3.2- Materiales utilizados**

A continuación, en los siguientes apartados comentaremos los materiales utilizados para elaborar el prototipo.

### 7.3.2.1- Luminaria (Citea Led) de 24 leds

La luminaria que se utilizara en el prototipo es de la marca Schröder modelo Citea de 24 Leds con un flujo máximo de 5800Lm. La eficacia y diversidad fotométrica que ofrece la gama permiten la instalación en alturas de entre 4 y 12 metros.<sup>30</sup>



Figura 37. Luminaria LED modelo Citea, marca Schröder

Las principales características de la luminaria son las siguientes:

Corriente de alimentación (A)	Flujo nominal (Lm)	Potencia (W)
<b>0.35</b>	3400	27
<b>0.5</b>	4500	38
<b>0.7</b>	5800	55

Tabla 54. Características técnicas luminaria LED

<sup>30</sup> Luminaria LED Citea. <http://www.schreder.com/ess-es/productos/pages/CITEA.aspx>

### 7.3.2.2- Fuente de alimentación (Marca LG)

La fuente alimentación utilizada en el este proyecto consta de las siguientes características:

<b>V<sub>in</sub></b>	120-277 v	<b>P<sub>out</sub></b>	Max. 40W
<b>Freq</b>	50/60 Hz	<b>V<sub>out</sub></b>	38-77 V <sub>dc</sub>
<b>I<sub>in</sub></b>	0.44 A	<b>I<sub>out</sub></b>	0.35-0.7A
<b>α</b>	0.9C(I <sub>out</sub> 0.7A) / 0.8C(I <sub>out</sub> 0.35A)	<b>VDD_3.3V</b>	3.3Vdc/10mA
<b>η</b>	83 % min.	<b>T<sub>c</sub></b>	Max 80 °C
<b>P<sub>in</sub></b>	53 W	<b>T<sub>a</sub></b>	-40....+55°C

Tabla 55. Características fuente de alimentación LG



Figura 38. Alojamiento fuente de alimentación

### 7.3.2.3- Dispositivo de protección contra sobretensiones (PHILIPS).

Este dispositivo se instalará antes de la fuente de alimentación de la luminaria, de esta forma quedará protegida de picos de tensión. La función que realiza este dispositivo es importante ya que gestiona y administra la energía eléctrica de un dispositivo electrónico conectado a esté. El protector de sobretensión intenta regular el voltaje que se aplica a nuestro dispositivo eléctrico bloqueando o enviando a tierra voltajes superiores a un umbral seguro.



Figura 39. Dispositivo de protección sobretensiones

#### 7.3.2.4- Transistor de potencia (TIP 141 80V 15A).

El transistor escogido para el desarrollo del sistema es (transistores complementarios de energía Darlington de silicio) con las siguientes características:<sup>31</sup>

- TIP 141(NPN).
- 80 V
- 15 A.



Figura 40. Transistor TIP 141. NPN

<sup>31</sup> Transistor TIP 141 NPN. [http://www.diotronic.com/semiconductores/transistores/darlington\\_p\\_989.aspx](http://www.diotronic.com/semiconductores/transistores/darlington_p_989.aspx)

## INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM

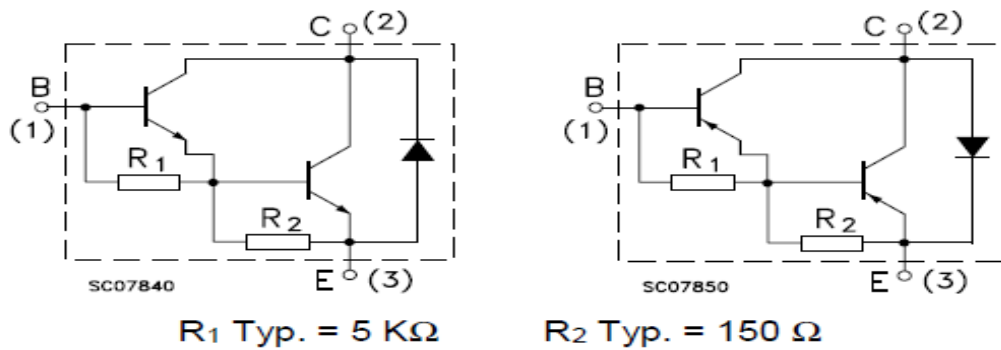


Figura 41. Esquema interno transistor TIP 141

### 7.3.2.5- Condensador 1 nF.

Utilizaremos en nuestro sistema el uso de un condensador para filtrar el rizado de la señal proveniente de la fuente de alimentación, Mejorando así la señal evitando pequeños saltos en el funcionamiento de los leds de potencia.<sup>32</sup>

El condensador escogido de una capacidad de 1 nF.



Figura 42. Condensador 1 nF

<sup>32</sup> IDEM 29

### 7.3.2.6- Resistencias: 2KΩ

La resistencia escogida para el proyecto es la de valor de 2KΩ, se instalara a la salida de PWM de la placa de control.<sup>33</sup>

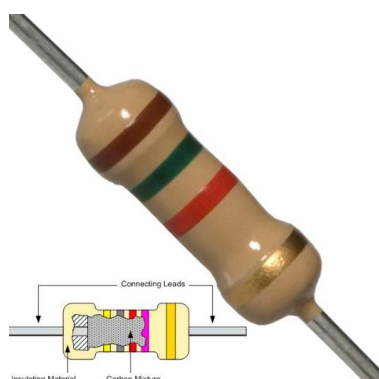


Figura 43. Resistencia 2 kΩ

### 7.3.2.7- Placa de control (Arduino Uno).

La placa de control será Arduino que es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un micro controlador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.<sup>34</sup>

## Arduino Uno

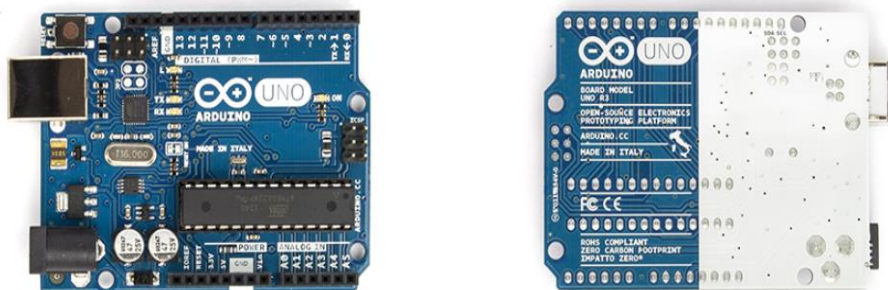


Figura 44. Placa control Arduino Uno

<sup>33</sup> IDEM 29

<sup>34</sup> IDEM 29



### 7.3.2.8- Sensor de moviendo tipo PIR (infrarrojos)

El objetivo del sensor PIR es detectar el movimiento o presencia dentro de un espacio determinado, tiene aplicaciones muy variadas ya sea en seguridad de casas o sistemas de iluminación automáticas que es nuestro caso.



Figura 45. Sensor de presencia PIR (infrarrojo)

Compuesto por un plástico ovalado de color blanco, que es en realidad una lente de FRESNEL, que tiene como objetivo ampliar el campo de visión a  $110^\circ$  (grados). Debajo de esta lente se encuentra el sensor PIR.

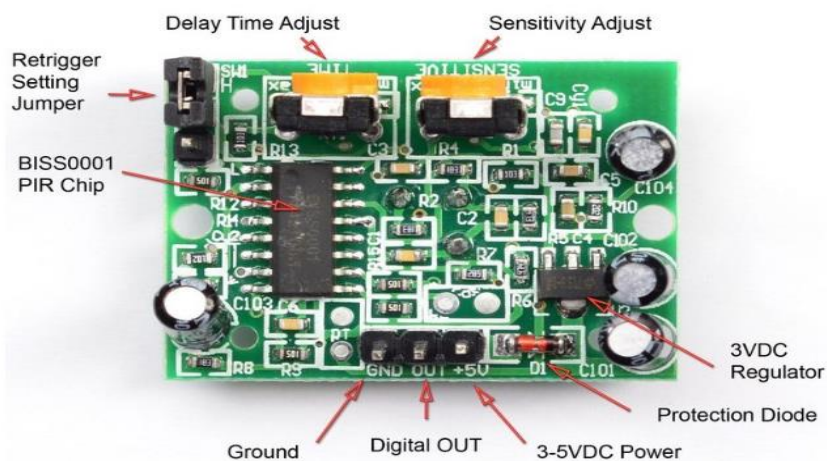


Figura 46. Electrónica sensor PIR



Al reverso se puede apreciar la electrónica donde destacamos 3 pines que son:

- Ground (tierra), conexión a tierra o masa.
- Digital OUT, que es la entrada de la señal a la placa 1 o 0.
- 3-5 VDC Power, que es la entrada de alimentación.
- 2 potenciómetros con los cuales ajustamos la sensibilidad y el trigger.

#### 7.3.2.9- Sensor de lux. (Analógico para Arduino)



Figura 47. Sensor de lux

- Fácil de usar módulo de sensor de luz.
- La resistencia disminuye a medida que aumenta la luminancia de baja.
- Resistencia (a la luz brillante) desencadena una señal de ALTO hacia el módulo de salida.
- Alta resistencia (en la oscuridad) desencadena una señal LOW hacia el módulo de salida

#### - Especificaciones:

- Voltaje: 3-5V
- Corriente de suministro 0.5-3mA
- Resistencia a la luz: 20K $\Omega$
- Resistencia Oscuro: 1M $\Omega$
- Tiempo de respuesta: 20 a 30 segundos
- Pico de longitud de onda: 540 nm
- Temperatura ambiente: -30 ~ 70 °C.

## 7.4- Control y gestión de la propuesta

Para poder gestionar y controlar el sistema, es importante saber en qué plataforma lo haremos, hoy en día tenemos gran variedad de fabricantes de placas informáticas de control, de las que resaltamos las de la marca Arduino que es la que implementaremos en este proyecto.

### 7.4.1- Arduino Uno

En este punto comentaremos el funcionamiento y las partes de la placa de control Arduino.

#### 7.4.1.1- Concepto Arduino

Arduino es una placa programable con entradas y salidas digitales y analógicas, cuyo bajo coste la hace ideal para la realización de este proyecto cuyo comportamiento es parecido a un PLC.

Esto significa que disponemos de un pequeño “autómata”, capaz de recibir información del entorno (sensores) y realizar acciones (en nuestro caso un control de luminosidad), según un programa que introducimos con un ordenador, y que puede ejecutar de forma autónoma.<sup>35</sup>

#### 7.4.1.1- Hardware

Arduino está constituido en el hardware por un micro controlador principal llamado Atmel AVR de 8 bits (que es programable con un lenguaje de alto nivel), presente en la mayoría de los modelos de Arduino, encargado de realizar los procesos lógicos y matemáticos dentro de la placa, además de controlar y gestionar los recursos de cada uno de los componentes externos conectados a la misma.

Consta además de una amplia variedad de sensores eléctricos como cámaras VGA, sensores de sonido, seguidores de línea, botones de control de sensores, e incluso, otras placas de micro controladores (mejor conocidos como Shields), que pueden adaptarse fácilmente gracias a que Arduino cuenta con entradas de pines analógicos y digitales para integrar estos componentes sin necesidad de alterar el diseño original de esta placa. Estos a su vez son controlados junto con el procesador primario por otros componentes de menor jerarquía, pero de igual importancia y prioridad, como el Atmega168, Atmega328, Atmega1280 y el Atmega8 , que son lo más utilizados debido a sus bajos precios y gran flexibilidad para construir diversidad de diseños.

---

<sup>35</sup> Arduino UNO. <https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardUno>

Además, Arduino cuenta con la ventaja de tener entre sus elementos principales puertos seriales de entrada /salida (input/output), lo que le permite conectarse por medio de un cable USB a una computadora para poder trabajar con ella desde nivel software, ya que es dónde se le darán las “órdenes” que ejecutarán cada uno de los componentes conectados a la placa, e incluso, para operar como un dispositivo más (dependiendo de la configuración que hayamos establecido y para que se quiere utilizar).

Arduino para operar necesita de una fuente de alimentación externa, ya que por desgracia, no cuenta con una propia, por lo que también se encuentra incorporada una entrada para conectar un cable con entrada similar al USB, donde será conectado a un otro dispositivo que tenga entrada USB, o hasta en el mismo dispositivo.<sup>36</sup>

- Las características generales:
- El microprocesador ATmega328
- 32 kbytes de memoria Flash
- 1 Kbyte de memoria RAM
- 16 MHz
- 13 pins para entradas/salidas digitales (programables)
- 5 pins para entradas analógicas
- 6 pins para salidas analógicas (salidas PWM)
- Completamente autónomo: Una vez programado no necesita estar
- Conectado al PC
- Micro controlador ATmega328
- Voltaje de operación 5V
- Voltaje de entrada (recomendado) 7-12 V
- Voltaje de entrada (limite) 6-20 V
- Digital I/O Pins 14 (con 6 salidas PWM)

---

<sup>36</sup> IDEM 33

- Entradas analógicas Pins 6
- DC corriente I/O Pin 40 mA
- DC corriente 3.3V Pin 50 mA
- Memoria Flash 32 KB (2 KB para el bootloader)
- SRAM 1 KB
- EEPROM 512 byte
- Velocidad de reloj 16 MHz

#### 7.4.1.2- Software

Arduino, no sólo son componentes eléctricos ni una placa de circuitos, sino que además, también es una plataforma que combina esto con un lenguaje de programación que sirve para controlar los distintos sensores que se encuentran conectados a la placa, por medio de instrucciones y parámetros que nosotros establecemos al conectar la placa a un ordenador.

Este lenguaje que opera dentro de Arduino se llama Wiring, basado en la plataforma Processing y primordialmente en el lenguaje de programación C/C++. Gracias a que es muy fácil de aprender y brinda soporte para cualquier necesidad en el ámbito informático. De este lenguaje derivan otros más que son muy utilizados en el ámbito de Ingeniería y desarrollo, como C#, Java, BASIC, Php, Python, JavaScript, Perl, entre otros más; por lo tanto, Arduino soporta varios lenguajes de programación de alto nivel derivados de C, haciendo de esto una ventaja para los diseñadores que trabajan en varios o en un sólo entorno de desarrollo de programación.

Para poder trabajar desde el nivel programación del procesador, debe descargarse el software que incluye las librerías necesarias para poder utilizar el lenguaje de manera completa. Una de las ventajas es que este software puede descargarse desde el sitio web oficial de Arduino, ya que opera bajo licencia libre y está disponible a todo público.

Al ser una herramienta que incorpora un tanto manejo de hardware y software (circuitos eléctricos y un lenguaje de programación respectivamente) se requiere un nivel de conocimiento básico. Actualmente hay una diversidad de manuales en la página oficial e incluso, pueden adquirirse libros donde se explica cómo utilizar esta herramienta didáctica e innovadora.

Además, existe en internet un simulador virtual de Arduino de licencia libre llamado Virtual BreadBoard, que ayuda al aprendizaje de esta plataforma antes de comenzar a utilizarla de manera oficial, ofreciendo las herramientas necesarias y el mismo soporte que esta placa, pero de manera digital.<sup>37</sup>

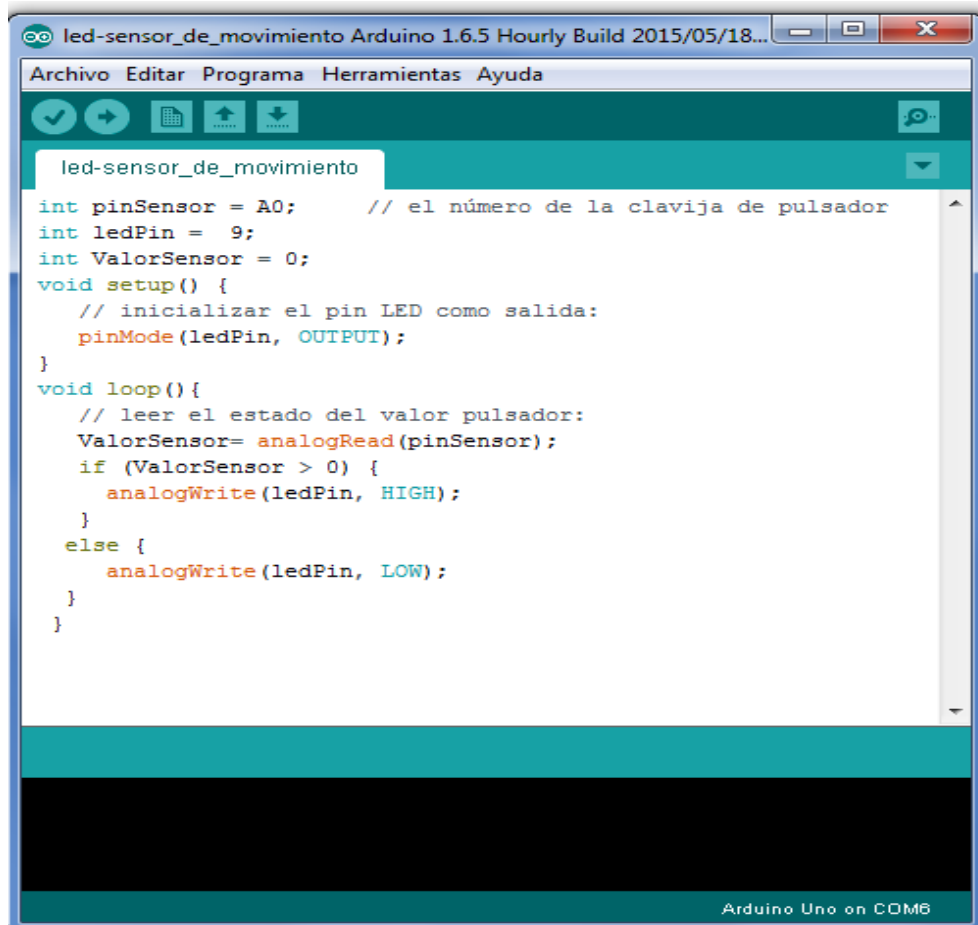


Figura 48. Ejemplo de ventana de programa

#### 7.4.1.3- Ventajas

Existe una diversidad de plataformas que operan con micro controladores disponibles en informática a nivel físico (hardware). Todas estas herramientas se organizan en paquetes fáciles de usar para minimizar el trabajo del desarrollo a nivel de programación (software). Además, Arduino ofrece ventajas como:

<sup>37</sup> IDEM 33

1- Asequible: Las placas Arduino son más asequibles comparadas con otras plataformas de micro controladores. La versión más cara de un módulo de Arduino puede ser montada a mano, e incluso ya montada cuesta bastante menos de 60€.

2- Multi-Plataforma: El software de Arduino funciona en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. La mayoría de los entornos para micro controladores están limitados a Windows.

3- Entorno de programación simple y directa: El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes y lo suficientemente flexible para los usuarios avanzados. Pensando en los profesores, Arduino está basado en el entorno de programación de Processing con lo que el estudiante que aprenda a programar en este entorno se sentirá familiarizado con el entorno de desarrollo Arduino.

4- Software ampliable y de código abierto: El software Arduino está publicado bajo una licencia libre y preparada para ser ampliado por programadores experimentados. El lenguaje puede ampliarse a través de librerías de C++, y si se está interesado en profundizar en los detalles técnicos, se puede dar el salto a la programación en el lenguaje AVR C en el que está basado. De igual modo se puede añadir directamente código en AVR C en tus programas si así lo deseas.

5- Hardware ampliable y de Código abierto: Arduino está basado en el micro controladores ATMEGA168, ATMEGA328 y ATMEGA1280. Los planos de los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores de circuitos con experiencia pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo u optimizándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión para placa de desarrollo para entender cómo funciona y ahorrar algo de dinero.<sup>38</sup>

## 7.5- Propuesta de programa (control de flujo luminoso):

En un principio se barajaba muchas opciones para la implementación del programa de control, por lo comentado anteriormente se opta por implementar nuestro programa en la placa de control Arduino. A continuación, mostraremos los pasos a seguir.

---

<sup>38</sup> Ventajas de la placa Arduino Uno. [www.arduino.es](http://www.arduino.es)

## 7.5.1- Ejemplo de la programación

A continuación se explicara los pasos que hemos seguido en la implementación del sistema de control para este proyecto.

### 7.5.1.1- Aplicación de la biblioteca: timer.one.h:

La biblioteca *timer.one.h* añade funcionabilidad a nuestro sistema. Es un cronometraje externo que nos ayudará en el programa para los valores obtenidos del sensor de presencia PIR (infrarrojos). Este sensor, nos da valores de unos y ceros, donde 0 significa “no hay presencia” y 1 “hay presencia”.



Figura 49. Vista en ventana del TimerOne.h

### 7.5.1.2- Introducción de las variables

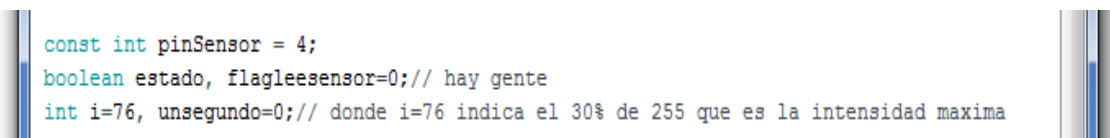


Figura 50. Vista en ventana de las variables utilizadas

Se puede apreciar en la figura las variables introducidas que son:

- **pinSensor** (es la numeración del pin a la que está conectado el cable de señal de presencia del sensor PIR).
- **Estado y flagleesensor**, donde las variables cambian de estado en función de la confirmación de o negación de las mismas.
- **I**, variable que indica el valor de la intensidad de salida del PWM de la placa, donde 76mA es el 30% de 255 mA máximos que da la placa (100%).
- **unsegundo**, variable de tiempo inicializada a cero.

### 7.5.1.3- Función void setup

En esta parte del programa se aprecia en la ventana la función void **setup**, esta función se llama cuando se inicia un boceto y se usa para inicializar variables y en nuestro caso utilizar la biblioteca *timer.one.h*.

Esta función de configuración solo se ejecutará una vez, después de cada arranque o reinicio de la placa de Arduino.

```

void setup() {
  pinMode(pinSensor, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  Timer1.initialize(20000); // inicialitza timer1 en 20000microsegs (0.02 segundos)
  Timer1.attachInterrupt(unseg); // ISR=funcion que se ejecuta cada x tiempo
}
  
```

Figura 51. Función Void setup

En la figura podemos apreciar la inicialización del pinSensor, así bien los parámetros a ejecutar del *timer.one.h* que son 0.02 segundos y por último la variable unseg.

El **Serial.begin (9600)**, establece la velocidad de datos en bits por segundo "Baudios", para la transmisión de datos en serie. Para comunicarse con el equipo el nuestro utiliza el 9600.

### 7.5.1.4- Función void unseg ()

Una función de tipo "void", es una "subrutina" o "procedimiento". Es una función que no retorna valor, al cual se invoca únicamente dando su nombre:

```

void unseg() {
  unsegundo++;
  if (unsegundo==50){
    flagleesensor=1;
    unsegundo=0;
    Serial.println(i);
  }
  if (estados[i]<=255){i++;}
  if (!estados[i]>76){i--;}
}
  
```

Figura 52. Función void unseg ()



En nuestro caso llamamos a la función **void unseg ()** a través de la sentencia **if**, que es la encargada de controlar la intensidad de salida mediante el programa para tiempos iguales a un segundo, donde la variable **estado**, es la encargada de advertir al sistema si hay presencia o no para que el control funciona de la forma más óptima posible.

#### 7.5.1.5- Función void loop ()

La función Loop significa lazo o bucle. Esta función en Arduino es la que se ejecuta un número infinito de veces. Al arrancar el Arduino se ejecuta el código del setup y luego se entra al Loop, el cual se repite de forma indefinida hasta que se apague o se reinicie el micro controlador.

```
void loop(){  
  analogWrite(9,i);  
  Serial.println(i);  
  if (flagleesensor){  
    estado = digitalRead(pinSensor);  
    flagleesensor=0;  
  }  
  analogWrite(9,i);  
}
```

Figura 53. Función void loop

### 7.6- Funcionamiento del prototipo:

A continuación mostramos mediante el esquema eléctrico cómo funcionará el prototipo, el cual como antes hemos mencionado actuará sobre el control del flujo luminoso de la luminaria Led, el control se realiza mediante el programa (Led\_Ok) previamente hecho para la placa Arduino y mediante la electrónica implementada a la salida del PWM efectuará dicho control.

### 7.6.1- Esquema eléctrico del prototipo

El esquema eléctrico muestra las conexiones hechas entre los elementos electrónicos utilizados para nuestro sistema de control de flujo luminoso.

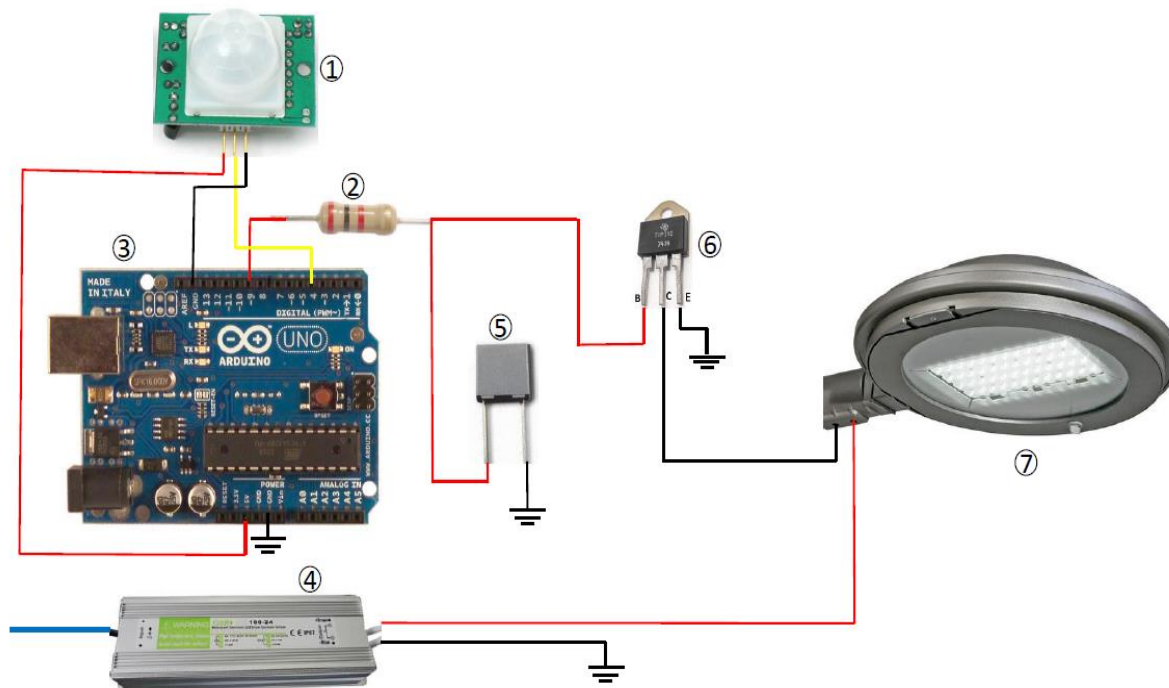


Figura 54. Esquema eléctrico prototipo

#### - Descripción de sistema:

1. sensor de presencia tipo PIR (infrarrojos).
2. Resistencia de 2kΩ
3. Placa Arduino Uno, microprocesador
4. Fuente de alimentación (AC/DC)
5. Condensador 1nF.
6. Transistor Darlington TIP 141, NPN
7. Luminaria LED modelo Citea

### 7.6.2- Importancia del transistor TIP 141 NPN

Resaltamos la función que realiza el transistor TIP 141 Darlington NPN, ya que el control de intensidad lo hacemos a partir de este elemento.

A la salida del pin 9 del PWM de la placa Arduino tenemos como valores de intensidad propios de la placa que varían entre 0 mA y 255 mA, estos valores son bajos para el funcionamiento de nuestra luminaria LED que trabaja a intensidades comprendidas entre 0.3 A y 0.7 A (ver tabla 52)

Para lograr poder amplificar los valores de la placa Arduino a los valores de funcionamiento de la luminaria LED, conectamos a la salida de la placa de control el transistor NPN el cual estará en serie con la resistencia de 2 kΩ y en paralelo con el condensador.

- Las principales características del transistor NPN son:
- **Diagrama de conexiones del transistor NPN**

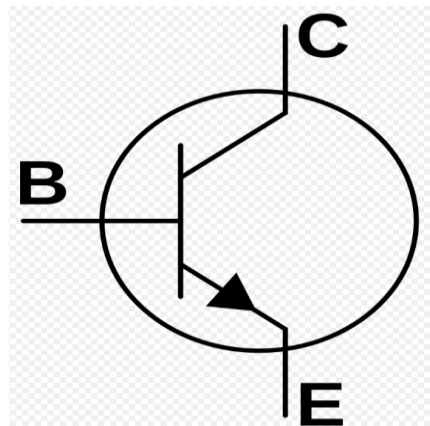


Figura 55. Diagrama transistor NPN

- **B** (base), donde irá conectado la salida del pin 9 de la placa Arduino.
- **C** (colector), conexión negativa de la Luminaria LED.
- **E** (emisor). Conexión a masa del sistema.
- **Ecuaciones propias y amplificación de señal**

$I_b = i$  (salida de la placa), (Corriente de la base)

$\beta$  = Valor que oscila entre 0.98 y 0.998.

$I_c = \beta * I_b$  (Corriente del colector)

Ecuación 3. Corriente del colector

$$I_e = I_c + I_b \text{ (Corriente del emisor)}$$

Ecuación 4. Corriente del emisor

Con estas ecuaciones teóricas explicamos que pequeñas corrientes eléctricas pueden ser amplificadas, o lo que es lo mismo, que señales débiles pueden transformarse en otras suficientemente fuertes.

La intensidad que atraviesa el emisor es igual a la intensidad que pasa por el colector más la intensidad que pasa por la base.

El Transistor NPN 141 empleado en el sistema controla mediante la intensidad de base ( $I_b$ ). (Obtenida de la placa), las intensidades a la que estará sometida nuestra luminaria Led la cual incrementará o disminuirá el flujo luminoso en función de la intensidad de salida de la placa de control.

## 7.7- Propuesta de funcionamiento a gran escala

Para el control y gestión de nuestro sistema a mayor escala hemos decidido implementar la placa de control Arduino Ethernet Shield (escudo) práctico y fácil de usar. De esta sencilla forma, podremos acceder a contenidos vía web y usar Arduino como servidor web para mostrar datos de sensores (en nuestro caso los sensores de las luminarias) que nos proporcionan el estado de las mismas e infinidad de cosas que se nos puedan ocurrir para mejorar el sistema.

El objetivo es proporcionar a nuestro Arduino la capacidad de poder comunicarse con el exterior sin usar ningún tipo de cable es una de las mayores funcionalidades que le podemos proporcionar a nuestro sistema de control de flujo de iluminación.

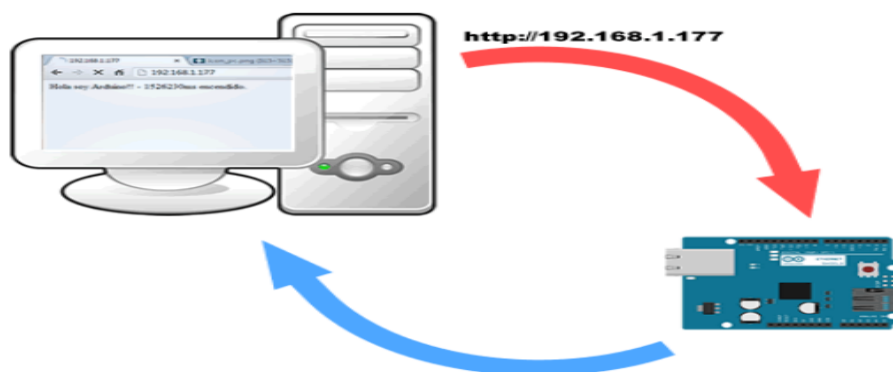


Figura 56. Comunicación inalámbrica Arduino Ethernet Shield

Gracias a un servidor web que es más que un dispositivo que atiende peticiones de otro dispositivo cliente, a través de una dirección IP, es decir, si nosotros accedemos a la IP de Arduino (proporcionada por la Ethernet Shield) mediante un navegador, estaremos solicitando una información, el servidor nos mostrará la información solicitada.

## 8– Modelo Parking Reservable

En este punto comentaremos la propuesta del parking reservable del proyecto.

### 8.1- Objetivo

Se propuso elaborar un modelo de parking para la Smart City que permitiese que los usuarios de la ciudad fueran partícipes directos y que proporcionase facilidad a la hora de buscar aparcamiento sin tener que buscar hasta encontrar su plaza de parking. De esta forma conseguimos que reduzca la contaminación y sobretodo conseguimos confort por parte de los usuarios de la ciudad que podrán reservar su plaza de parking de una forma sencilla.

### 8.2- Idea de funcionamiento

A continuación, comentaremos la relación de tiempos utilizados en el proyecto con los reales que se pensaron para el proyecto con el fin de aclarar los conceptos antes de explicar el procedimiento real del parking reservable.

#### 8.2.1- Relación de tiempos utilizados y reales del proyecto

Antes de explicar la idea de funcionamiento, tenemos que destacar que el programa realizado en el trabajo se ha trabajado con medidas de tiempo más reducidas para hacerlo más rápido y de una forma más sencilla de entender. A continuación, queda reflejada la diferencia de tiempos utilizados en la realidad con el programa realizado.

Tiempos de trabajo	Tiempo Real (min)	Tiempo utilizado (segundos)
Tiempo_1	10	10
Tiempo_2	115	20
Tiempo_3	125	60

Tabla 56. Relación de tiempos reales y ficticios

Una vez comentado este aspecto importante, en la explicación del procedimiento de todo el trabajo se trabajará con los tiempos reales para hacerlo más entendible. En el apartado de mejoras destacaremos como cambiaría el programa del proyecto haciéndolo con los tiempos reales.

### 8.2.2- Idea de funcionamiento

Se ha elaborado una propuesta de parking dónde el usuario se registrará previamente y luego podrá escoger su plaza libre. Si el usuario está en la base de datos, el programa le permitirá reservar su plaza.

Por lo tanto, la idea sería que el usuario reservase la plaza mediante su Smartphone o pantalla HMI. Una vez reservada esa plaza libre, dispondrá de 10 min para llegar a la misma y poder estacionar. En cada plaza, habrá un sensor de presencia o fotoeléctrico que nos indicará si ese coche ha aparcado o no. De no haber llegado a tiempo, volverá a pasar a disponible y otro usuario podrá disponer de la misma. En el caso de que el usuario llegue antes de los 10 minutos, el sensor indicará presencia y quedará marcada como reservada.

Una vez reservada la plaza, el usuario dispondrá de 2 horas para poder disfrutar de ese puesto de aparcamiento. Así mismo, el sistema enviará un mensaje de aviso al usuario cuando falten 5 min del tiempo máximo de aparcamiento y un aviso de penalización al sistema con su matrícula si no retira el coche pasados 10 minutos del envío del primer aviso SMS.

### 8.3- Elaboración de la propuesta del parking reservable

A continuación, comentaremos como hemos elaborado el parking reservable con todos sus componentes de hardware y los sistemas de software realizados para el funcionamiento del mismo.

#### 8.3.1- PLC

En este caso explicaremos las partes utilizadas del autómata programable. Empezando por la CPU del PLC y acabando por los módulos utilizados para la realización del parking reservable.

### 8.3.1.1- CJ2M CPU 32



Figura 57. CPU PIC CJ2M. Fuente: [www.industrial.omron.es](http://www.industrial.omron.es)

Como autómatas programables, para realizar el parking reservable hemos dispuesto de un modelo CJ2M CPU 32 de la marca OMRON. Las características del autómatas programables son las siguientes:

La serie CJ2M es ideal para necesidades de empaquetado y automatización general de máquinas. La conectividad está asegurada gracias al puerto USB integrado y a la opción de interfaces RS-232C/422/485 en la CPU.

- Siempre accesible mediante el puerto USB estándar
- Puerto Ethernet estándar con función de enlace de datos vía EtherNet/IP
- Amplio rango de capacidades de programa, de 5 a 60 kPasos
- Módulo opcional de puerto serie
- La memoria dedicada a la programación mediante bloques de función asegura el máximo rendimiento cuando se programa de ésta forma.<sup>39</sup>

Una vez comentadas las características principales de la CPU del PLC haremos una breve explicación de las partes de memoria que dispone este PLC. Hacemos mención de ello porque en el registro del sistema y en la realización de toda la programación, hemos utilizado memorias internas del PLC. Por este hecho, haremos una breve introducción a las partes del autómatas programables.

<sup>39</sup> [www.industrial.omron.es](http://www.industrial.omron.es)

## AREAS DE MEMORIA DEL PLC:

EL direccionamiento de la memoria, suele ser de este formato: XXXX.YY:

- XXXX Número de canal (Registro)
- YY Número de Bit (relé), (entre 00 y 15)

Una vez comentadas las partes de la memoria que dispone el PLC, y el formato que tienen, nos disponemos a explicar las áreas de memoria del autómat.

La memoria del PLC se encuentra dividida en varias áreas, cada una de ellas con un cometido y características distintas:

1- Área de programa: Donde se encuentra almacenado el programa del PLC.

2- Área de datos: Usada para almacenar valores o para obtener información sobre el estado del PLC. Está dividida según funciones en IR, SR, AR, LR, HR, DM, TR y T/C (En serie CS/CJ incorporan áreas como CIO, TK, IR y DR).

2.1- Área CIO: Esta área está reservada para las Unidades Básicas de E/S. Va de CIO 0000 – CIO 0999

2.2- Área de trabajo W: Esta área sólo se puede utilizar desde programa. Utilizar esta área para palabras y bits de trabajo dentro de programa. Va de W0 - W511.

2.3- Área de retención HR: Esta área sólo se puede utilizar desde programa. En este área se retiene el contenido ante pérdidas de alimentación o ante cambios entre modo PROGRAM y RUN o MONITOR. Va de H0 – H511.

2.4- Área Auxiliar A: El área auxiliar contiene flags y bits de control que sirven para controlar y monitorizar la operación del PLC. Esta área está dividida en dos partes: A000 a A447 de sólo lectura y A448 a A959 de lectura y escritura.

2.5- Área de memoria de datos DM: El área de DM es un área de datos de multi-propósito. Sólo puede ser accedida a nivel de palabra y no de bit. Este área retiene su estado ante fallos de alimentación o al cambiar de PROGRAM a MONITOR o RUN. Va de D0 – D32767.



2.6- Área de Temporizadores T: Hay dos áreas de datos para los temporizadores, la de los Flags de Finalización de Temporización y la del Valor Presente del Temporizador (PVs). Hasta 4096 temporizadores (de T0000 a T4095).

2.7- Área de Contadores C: Hay dos áreas de datos para los contadores, la de los Flags de Finalización de Cuenta y la del Valor Presente del Contador (PVs). Hasta 4096 contadores (de C0000 a C4095).

3- Área de setup: Donde se encuentra almacenada la configuración del PLC, denominada también "PC Setup".

Al ser un PLC modular, se ha necesitado módulos externos al CPU. Estos elementos externos son los siguientes:

#### 8.3.1.2- Fuente de alimentación PA202.



Figura 58. Fuente alimentación PA202. Fuente: [www.digikey.com](http://www.digikey.com)

Los sistemas CJ pueden funcionar con fuentes de alimentación de 24 Vc.c. o conectados a una red eléctrica de 100 a 240 Vc.a. Para sistemas pequeños con E/S digitales principalmente, se puede utilizar una fuente de alimentación de pequeña capacidad y económica.

Para sistemas con muchas E/S analógicas y unidades de control/comunicaciones, puede ser necesario utilizar una fuente de alimentación de mayor potencia. Según el tipo de CPU, se pueden conectar hasta 3 expansiones al "bastidor" de CPU, lo que proporciona una capacidad total de 40 unidades de E/S. La longitud total de los cables de expansión de un sistema puede ser de hasta 12 metros.

Esta fuente tiene las siguientes configuraciones:<sup>40</sup>

Terminal	Descripción	Conexión
A	Alimentación de 110 – 240 V	Vc.a. directa
B	Alimentación de 110 – 240 V	Vc.a. directa
C	Línea de tierra	Cortocircuito a terminal D
D	Tierra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortocircuito a terminal C</li> <li>• Tierra</li> </ul>

Tabla 57. Configuración del borneado. Fuente: [www.industrial.omron.es](http://www.industrial.omron.es)

### 8.3.1.3- Tarjeta CP1W-CIF01



Figura 59. Tarjeta de comunicaciones PLC. Fuente: [www.omron.com](http://www.omron.com)

Esta tarjeta es la junta de comunicaciones RS232 que comunica PLC con GSM del sistema mediante un cable de comunicaciones.

<sup>40</sup> Idem 15

#### 8.3.1.4- Módulo de entradas digitales ID201



Figura 60. Módulo de entradas digitales del PLC. Fuente: [www.omron.com](http://www.omron.com)

Las unidades de E/S digitales actúan de interfaz del PLC para lograr un control de secuencia rápido y fiable. Una completa gama de unidades, desde de alta velocidad a salidas relé, permiten adaptar CJ1 a sus necesidades. Las unidades CJ1 están disponibles con distintas densidades de E/S y tecnologías de conexión. Se pueden conectar hasta 16 puntos de E/S a las unidades con los terminales de tornillos M3 desmontables o los borneros sin tornillos.

Las unidades de E/S de 32 y 64 puntos de alta densidad están equipadas con conectores de cable plano de 40 pines. Hay disponibilidad de cables prefabricados y terminales de cableado para establecer fácilmente una interfaz con las unidades de E/S de alta densidad.<sup>41</sup>

Las especificaciones del producto son las siguientes:

---

<sup>41</sup>Idem 15

Nombre	8 puntos Unidad de entrada de CC con bloque de terminales
Modelo	CJ1W-ID201
Tensión nominal de entrada	12 a 24 VDC
Nominal Rango de voltaje de entrada	10,2 a 26,4 V CC
Impedancia de entrada	2,4 kW
Corriente de entrada	10 mA típico (a 24 VDC)
EN Voltaje / ON actual	8.8 VDC mín. / 3 mA mín.
Tensión OFF / OFF actual	3 VDC máx. / 1 mA máx.
Tiempo de Respuesta EN	8.0 ms máx. (Se puede configurar para entre 0 y 32 ms en la configuración.) * 1
OFF Tiempo de respuesta	8.0 ms máx. (Se puede configurar para entre 0 y 32 ms en la configuración.) * 1
Número de circuitos	8 circuitos independientes
Número de Simultáneamente SOBRE Puntos	100% simultáneamente en
Resistencia de aislamiento	20 mO entre terminales externos y el terminal GR (100 VDC)
Rigidez dieléctrica	1000 VAC entre los terminales externos y el terminal GR durante 1 minuto a una corriente de fuga de 10 mA max.
Consumo de corriente interna	80 mA max.

Tabla 58. Características del producto. Fuente: [www.industrial.omron.es](http://www.industrial.omron.es)

#### 8.3.1.5- Módulo de salidas digitales OD212



Figura 61. Módulo de salidas digitales del PLC. Fuente: [www.omron.com](http://www.omron.com)

Las unidades de E/S digitales actúan de interfaz del PLC para lograr un control de secuencia rápido y fiable. Una completa gama de unidades, desde de alta velocidad a salidas relé, permiten adaptar CJ1 a sus necesidades. Las unidades CJ1 están disponibles con distintas densidades de E/S y tecnologías de conexión. Se pueden conectar hasta 16 puntos de E/S a las unidades con los terminales de tornillos M3 desmontables o los borneros sin tornillos.

Las unidades de E/S de 32 y 64 puntos de alta densidad están equipadas con conectores de cable plano de 40 pines. Hay disponibilidad de cables prefabricados y terminales de cableado para establecer fácilmente una interfaz con las unidades de E/S de alta densidad.<sup>42</sup>

Las especificaciones del producto son las siguientes:

Nombre	8 puntos Unidad de Salida de contacto con el bloque de terminales (relés independientes)
Modelo	CJ1W-OC201
Max. Capacidad de conmutación	2 A 250 VAC (cos = 1), 2 A 250 VAC (cos = 0,4), 2 A 24 VDC (16 A / Unidad)
Min. Capacidad de conmutación	1 mA 5 VDC
Relés	, No puede ser reemplazado NY-24W-K-IE (Fujitsu Takamizawa Componentes, Ltd.).
Vida útil del relé	Eléctrico: 150.000 operaciones (24 VDC, carga resistiva) / 100.000 operaciones (240 VAC, cos = 0,4, carga inductiva) Mecánica: 20.000.000 operaciones Vida útil variará en función de la carga conectada.
Tiempo de Respuesta EN	15 ms máx.
OFF Tiempo de respuesta	15 ms máx.
Número de circuitos	8 contactos independientes
Resistencia de aislamiento	20 mO entre terminales externos y el terminal GR (500 VDC)
Rigidez dieléctrica	2000 VAC entre los terminales externos y el terminal GR durante 1 minuto a una fuga de corriente de 10 mA máx.
Corriente interna Consumo	90 mA 5 Vc.c. máx. 48 mA 24 V CC máx. (6 mA × Número de puntos EN)
Peso	140 g máx.

Tabla 59. Características del producto. Fuente: [www.industrial.omron.es](http://www.industrial.omron.es)

### 8.3.1.6- Fuente alimentación MURR



Figura 62. Fuente de alimentación MURR 24 DC. Fuente: [www.shop.murrelektronik.es/](http://www.shop.murrelektronik.es/)

<sup>42</sup> Idem 15

Fuente de alimentación MURR Eco-Rail 2.5-100-240/24, utilizada en el proyecto para alimentar el módulo GSM GD-01 y la pantalla HMI a 24V en DC. Las características son las siguientes:

<b>ENTRADA</b>	
Tensión de entrada	100...240 V AC
Corriente de entrada	1.1 A (115 V AC); 0.6 A (230 V AC)
Corriente de arranque tras 1 ms	max. 20 A
Fusible externo	max. 20 A
Frecuencia	50...60 Hz
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
Estándares	(EN 60950-1), (EN 61204-3), (EN 55022 B), (EN 61000-3-2)
Modo de montaje	Montaje en guía DIN TH35 (EN 60715)
Grado de eficiencia	85 % (115 V AC); 87 % (230 V AC)
Humedad relativa	20...90 %, sin condensación
Dimensiones alto x ancho x fondo	125x50x80 mm
Rango de temperatura	0...+40 °C, ...+50 °C reducción (temp. de almacenamiento -20...+85 °C)
<b>SALIDA</b>	
Voltaje de salida	24 V DC $\pm$ 1 %
Corriente de salida	2.5 A (+40 °C); 2.0 A (+55 °C)
Tiempo de espera	min. 20 ms (115 V AC); min. 100 ms (230 V AC)
Ondulación residual	max. 20 mV/rms
unidad de protección	protección contra cortocircuitos y sobrecarga
Picos	max. 100 mV p-p
Indicador LED	LED (verde) para tensión de salida
Funcionamiento en paralelo/en serie	no/sí (max. 2 ud.)

Tabla 60. Características fuente de alimentación MURR 24 DC. Fuente: [www.shop.murrelektronik.es](http://www.shop.murrelektronik.es)

### 8.3.1.7- Módulo GSM GD-01



Figura 63. Módulo GSM de Westermo. Fuente: [www.westermo.com](http://www.westermo.com)

El módem de Westermo GD-01 es un módem que nos proporciona protocolo RS- 232/V.24 hasta una velocidad de comunicación de hasta 115.200 bits/s sobre una red GSM. Sus características principales son las siguientes:

El GD-01 puede comunicarse mediante cable serie con PLC's, sistemas de adquisición de datos, sistemas de seguridad y vigilancia. Igualmente es posible establecer comunicación con otros módems GSM y con módems convencionales analógicos (como TD-32).

Es posible provocar una llamada a un teléfono previamente seleccionado mediante la activación de una señal externa (DTR), así como el envío de mensajes SMS (hasta 160 caracteres).

Toda la configuración se realiza mediante comandos Hayes AT similar al procedimiento seguido con los módems analógicos.

El GD-01 es un módem GSM dual y opera a las frecuencias estándares de 900 y 1800 MHz., con lo cual está operativo en toda la franja internacional de redes GSM (excepto en los países que utilizan el estándar de U.S.A). Puede trabajar con 11 bits de datos teniendo en cuenta algunas limitaciones (ver en Parámetros de comunicación).

El rango de temperatura/humedad es de 0°C a 55°C y de 5 a 95% de humedad relativa del aire. Para su funcionamiento es necesario insertar una tarjeta SIM de cualquiera de las operadoras disponibles.

El GD-01 también soporta comunicaciones de voz, pero para ello es necesaria la conexión de un dispositivo externo. Es necesario cortar la línea para conmutar entre voz y datos. Dispone de la posibilidad de instalación sobre carril DIN de 35 mm y de un grado de protección IP20.

Cuando se realiza la llamada desde un módem analógico al módem GD-01, es necesario que la tarjeta SIM esté dada de alta en datos, para realizar la llamada a dicho número de datos, y no al número de voz de la tarjeta.

Cuando la llamada se realiza desde el módem GD-01 al módem analógico, no es necesario que la tarjeta SIM esté dada de alta en datos.<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> Guía rápida Módem GSM GD-01. Autor: Virginia Sánchez. [www.valtek.es/](http://www.valtek.es/)

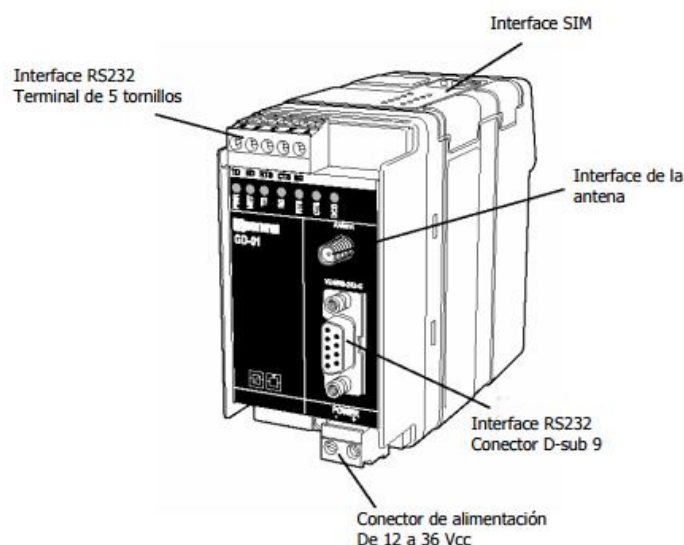


Figura 64. Esquema GSM de Westermo. Fuente: [www.westermo.com](http://www.westermo.com)

### 8.3.2- Pantalla HMI



Figura 65. Pantalla HMI Omron. Fuente: [www.omron.com](http://www.omron.com)

Para la elaboración de la pantalla HMI, hemos dispuesto de una pantalla NBQ3. Este tipo de pantalla tiene las siguientes características:

La pantalla más pequeña de la serie NB también ofrece una pantalla LCD TFT y una resolución de 320 x 240 píxeles. El tamaño perfecto si hay limitaciones de espacio, ideal cuando unas pocas pantallas con botones, texto y valores son suficientes para operar y controlar el proceso. Hay dos



modelos diferentes: el modelo superior está equipado con puerto Ethernet y host USB para facilitar la actualización de los proyectos o intercambiar datos a través de la red.

- Más de 65.000 colores
- Retroiluminación LED de larga duración
- Memoria interna de 128 MB
- Protección IP65
- Compatible con memoria USB
- Gráficos de mapas de bits y vectoriales<sup>44</sup>

Las pantallas HMI son una interface máquina-humano que permiten al usuario interactuar visualmente para poder monitorizar el PLC. Gracias a este componente podremos registrarnos en el sistema y poder reservar nuestra plaza de una forma clara y sencilla.

### 8.3.3- Programa CX-Programmer

Dentro de este apartado explicaremos los programas realizados para elaborar el parking reservable. Por una parte tenemos el programa general de reserva, por otro lado el programa de registro en el sistema, el de envío de aviso mediante SMS y la penalización mediante SMS.

#### 8.3.3.1- Programa General de Reserva plaza

El funcionamiento del programa general de reserva plaza es el siguiente:

El usuario activará el contacto reserva una vez se haya registrado en el sistema, este contacto nos activará un temporizador de 10 minutos, que reflejarían los 10 minutos máximos que dispone el usuario para llegar a la plaza que ha reservado.

Llegados a este punto hay dos opciones posibles, que el usuario llegue a la plaza antes de los 10 minutos, por lo tanto, el sensor de la plaza detectará presencia y activará el bit de plaza reservada. A sí mismo, este mismo bit de reserva de plaza activará un segundo temporizador de 1h 55 min que una vez cumplido activará la señal de envío de SMS. Pasados 10 minutos posteriores al envío del primer SMS, el sistema enviará un mensaje al sistema avisando de la penalización económica con la matrícula del vehículo que no ha sido retirado después de ver el aviso en el móvil. Este hecho tiene el fin de encontrar una solución a una negativa del usuario a retirar el vehículo.

---

<sup>44</sup> [www.industrial.omron.es](http://www.industrial.omron.es)

La otra opción posible es que el usuario no llegue antes de los 10 minutos establecidos de espera, es decir el sensor no habrá detectado presencia y a consecuencia la plaza se reseteará y volverá a estar disponible.

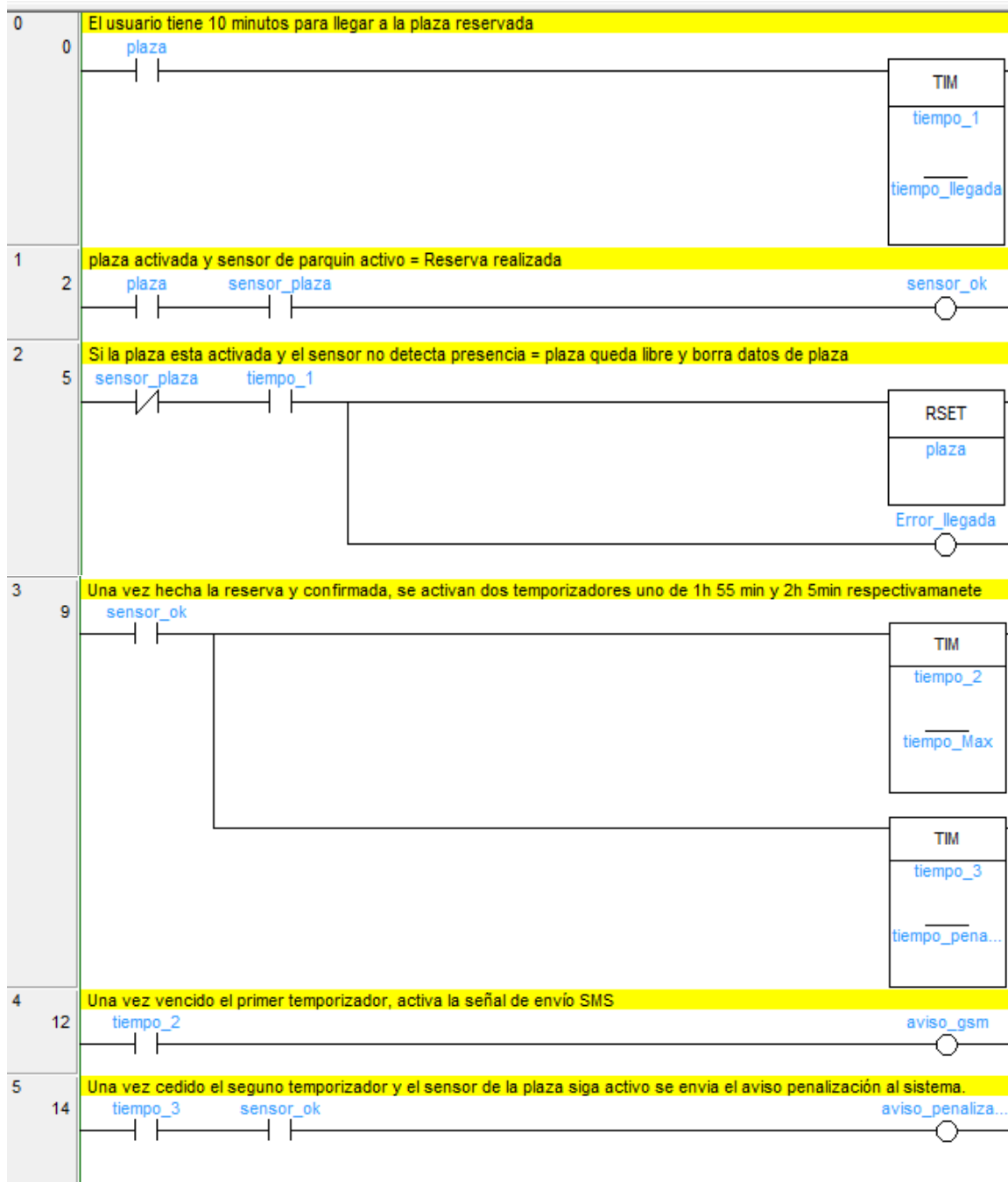


Figura 66. Fragmento 1 programa de reserva plaza.

Para realizar este programa para las 8 plazas diferentes, para que no fuese un proceso tan repetitivo, hemos realizado los llamados bloques de función. Con estos bloques se declaran los

destinos de la memoria que se han escogido para cada uno de los símbolos que se han creado, de esta manera, conseguimos que quede más ordenado y más claro a la hora de ver el programa.

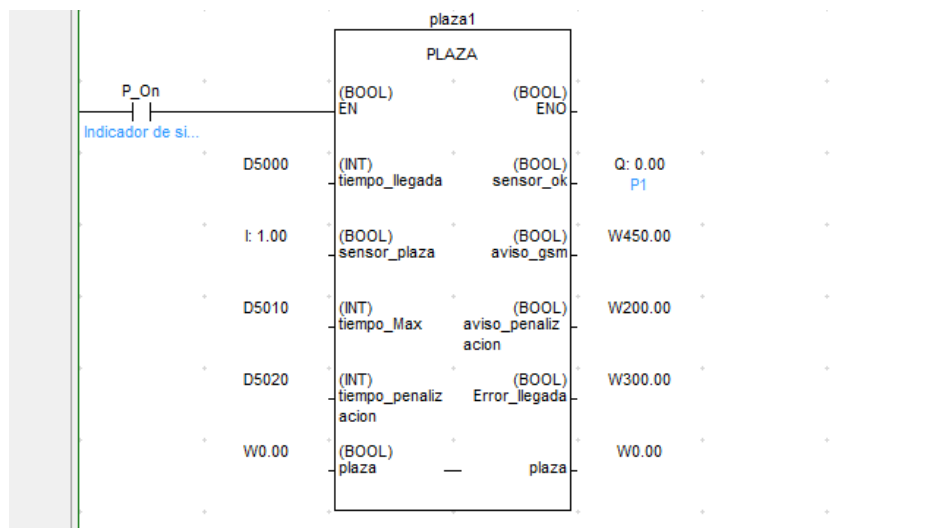


Figura 67. Fragmento 1 programa de reserva plaza en bloque de función.

Como se puede apreciar en el bloque de la plaza 1 están declarados los símbolos de entrada, internos y de salida comentados anteriormente. Fuera del bloque se observan las partes de la memoria del PLC que hemos escogido.

Por una parte encontramos los temporizadores, es decir, los llamados símbolos de entrada, tanto "Tiempo\_llegada", "tiempo\_Max" y "tiempo\_penalización" estos tres y para todas las otras plazas (8 en total) reguardarán esta memoria del sistema D5000, D5010 y D5020 respectivamente.

Por otra parte encontramos las entradas, "Sensor\_plaza" y los llamados símbolos de entrada salida "plaza". En este caso, como es el ejemplo de la primera plaza, hemos dispuesto de la entrada 1.00 para el sensor de plaza y la marca W0.00 para la opción de reserva previa (antes de que confirme el sensor la presencia). De la misma manera, para las otras plazas la memoria escogida será del 1.00 al 1.07 (8 en total) para el sensor de las plazas y para la opción de reserva irá de W0.00 al W0.07 (8 en total).

Por último quedan los símbolos de salida, los llamados "sensor\_ok", "error\_llegada", "envío\_gsm", "envío\_penalización" y "plaza". De la misma manera que para el sensor de detección de entrada, para el bit de salida que confirma la presencia del coche, hemos utilizado el formato 0.00 al 0.07 dependiendo de cada plaza. Para el símbolo de "envío\_gsm" hemos utilizado la marca W450.00, dependiendo de la plaza de parking que sea, irán del W450.00 al W450.07 respectivamente y para

el símbolo “envio\_penalización” la marca W200.00, que de la misma manera irán del W200.00 al W200.07 dependiendo de la plaza. Por último, para poder eliminar los datos previos a la reserva al no haber llegado a tiempo a la plaza que se había reservado (“error\_llegada”), se ha activado la marca W300, yendo de la W300.00 a la 300.07 dependiendo de la “plaza”. Como hemos comentado anteriormente, la salida “plaza” funciona de la misma manera que la entrada “plaza” ya que es un símbolo entrada-salida y por lo tanto reguarda la misma parte de la memoria que la entrada (W0.00 a W0.07)

El esquema completo de las 8 plazas de parking distribuidas de la forma comentada anteriormente, quedará reflejado en el apartado C, programa reserva plaza de los ANEXOS.

### 8.3.3.2- Programa Registro sistema

En este apartado explicaremos el procedimiento de registro de sistema. Realizaremos una explicación de cada parte del programa para su correcto entendimiento.

Antes de explicar el procedimiento, haremos un inciso sobre la distribución de memoria que hemos escogido para hacer el registro del sistema:

1- Por una parte tenemos la memoria H. Para la introducción de la matrícula y el número de teléfono hemos escogido el canal H0. Para el caso de la matrícula serán los canales H0 a H3 y para el teléfono H4 a H8. Hay que indicar que el formato de la matrícula y el del teléfono son los siguientes:

- El formato de la matrícula es 0000XXX, por lo tanto, necesitamos 4 canales, ya que en cada canal caben 2 “números o letras “(en ASCII) quedando de esta forma: 00,00,XX,X.
- El formato del número de teléfono es 000000000, por lo tanto, necesitamos 5 canales, ya que cada canal caben 2 “números” (en ASCII) quedando de esta forma: 00,00,00,00,0.

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
H0000	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0010	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0020	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0030	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0040	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0050	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0060	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0070	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0080	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Figura 68. Memoria H del PLC (1)

Por otra parte tenemos los canales H100 Y H103. Éstos se utilizan en el momento en que estás registrado en el sistema y escoges una plaza, por lo tanto tienes que introducir la matrícula para que te de opción a reservar. Si la matrícula coincide saldrá tu número de teléfono (canales H104-H108) y la opción de reservar.

H0080	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0090	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0100	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0110	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0120	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0130	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0140	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0150	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Figura 69. Memoria H del PLC (2)

2- Por otra parte tenemos la memoria D. De la misma manera que la memoria H era para los canales de entrada y salida, la memoria D ha sido utilizada para trabajar en el PLC.

Cuando el usuario registra en el sistema se activa un puntero en D500.00, este puntero suma automáticamente de 10 en 10 canales de D0 a D10, D20... para cada vez que un usuario se registre en el sistema. En estos canales quedan guardados los valores de las matrículas y los números de teléfono que se han introducido en H0. De esta manera, nuestra base de datos estará compuesta desde D10, D20, D30, D40... dependiendo de los registros que se realicen.

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D00000										
D00010										
D00020										
D00030										
D00040										
D00050										
D00060										
D00070										
D00080										

Figura 70. Memoria D del PLC (1)

Por último, encontramos los D1000, D1010, estas partes de la memoria D las hemos utilizado para almacenar los datos del usuario dentro de la plaza de parking. Es decir, la memoria D1000 corresponde a la plaza 1, la memoria D1010 a la plaza 2 y así sucesivamente.

D01000										
D01010										
D01020										
D01030										
D01040										
D01050										
D01060										
D01070										

Figura 71. Memoria D del PLC (2)

Una vez comentadas las memorias que hemos utilizado, haremos una breve explicación de cada línea de programa y las funciones que realizan.

Primero de todo explicaremos la función del puntero, ya que es la que nos da opción de registrar las matrículas y números de los usuarios desde la pantalla HMI o móvil al PLC.



Figura 72. Fragmento 1 programa Registro sistema.

Cuando el usuario haya introducido la matrícula y su número de teléfono, al clicar a guardar en el sistema activará el bit H501.00 que nos activará un sumatorio de 10 en 10 canales en D, y transfiere los datos de H0 al puntero D500\* que se haya en D0. Por lo tanto, cada vez que se active el H501.00 cada usuario se irá registrando en D10, D20, D30 y así sucesivamente.

A continuación para esta primera línea de programa de registro en el sistema se realizan 3 procedimientos:

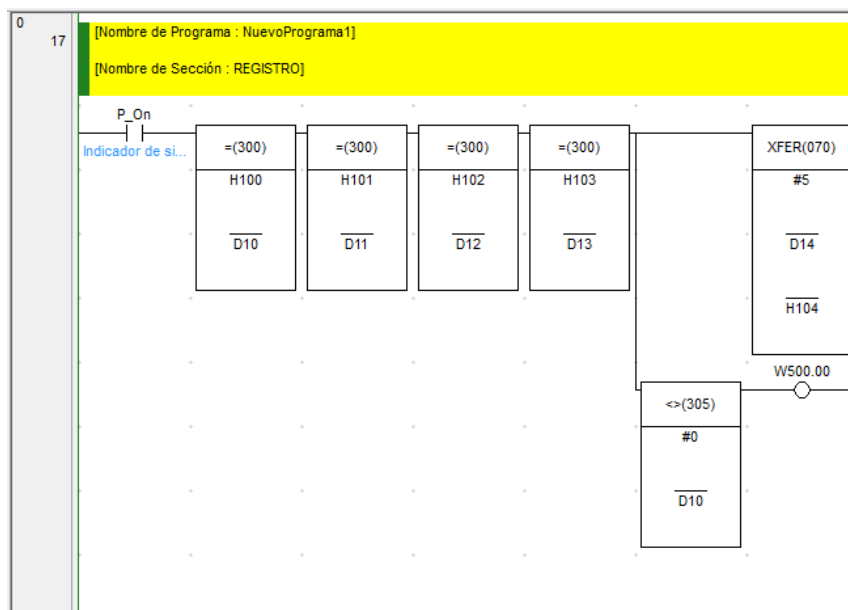


Figura 73. Fragmento 2 programa Registro sistema

- 1- Se compara la entrada de matrícula desde la pantalla HMI (canales H100-H103), con la primera posición de registro en el sistema (canales D10-D13). Si el PLC detecta que la matrícula que el usuario ha introducido está registrada en el sistema (en este caso en la primera posición) y por lo tanto coincide con lo que hay registrado en la base de datos, dará la igualación OK.
- 2- Una vez comparado, el sistema envía el número de teléfono mediante un XFER (Instrucción que realiza una transferencia de datos) de la memoria D14 a D18 (#5 = 5 Canales) a H104. Este H104 es el visualizador del número de teléfono que saldrá cuando el usuario haya introducido su matrícula y coincida en el sistema.
- 3- Por otra parte si la comparación da OK, se activará W500.00. Se ha introducido un módulo diferente que (<=>), para que en el momento que se ha haga un reset del sistema y este todo a 0, no compare 0 sobre 0 y por lo tanto de OK. Por lo tanto, para que se active el bit de en la plaza 500.00 (plaza1) tendrá que ser diferente los valores que hay en D10 con el 0.

Este proceso será repetitivo para las 8 plazas. De esta forma gracias al bit W500 que se activa sabemos dónde se haya guardada la matrícula y nos proporciona el número de teléfono. En la siguiente imagen podemos ver como salen todos los detectores de plaza del W500.00 a W500.07, por lo tanto, a la que detecte la plaza que es, activará el bit 501.00. Este bit se ha utilizado para activar la ventana del número de teléfono y opción de reserva si ha salido OK la comparación de la matrícula registrada con la introducida dentro de la propia plaza:

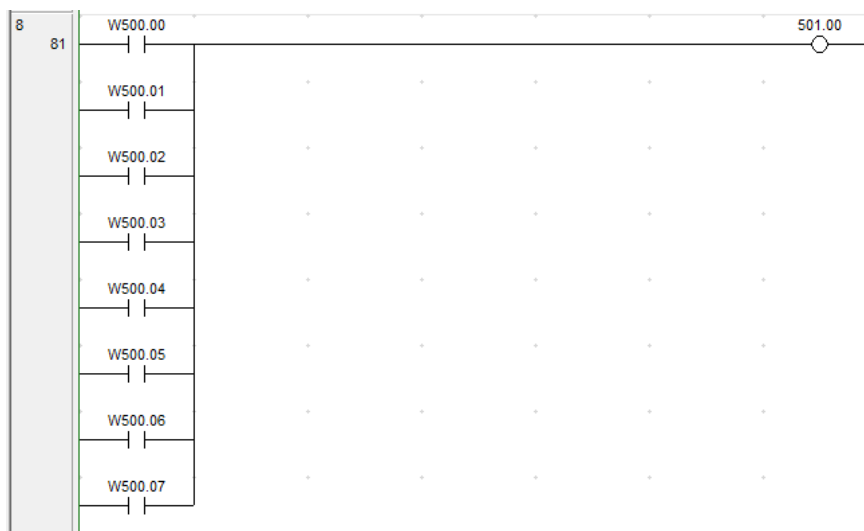


Figura 74.Fragmento 3 programa Registro sistema

El siguiente paso sería enviar los datos registrados después de realizar el proceso de verificación del usuario y reservado a la memoria de la propia plaza escogida. Gracias a esta acción podremos visualizar en la ventana inferior de la plaza la matrícula del usuario. Para realizarlo hemos diseñado de esta forma:

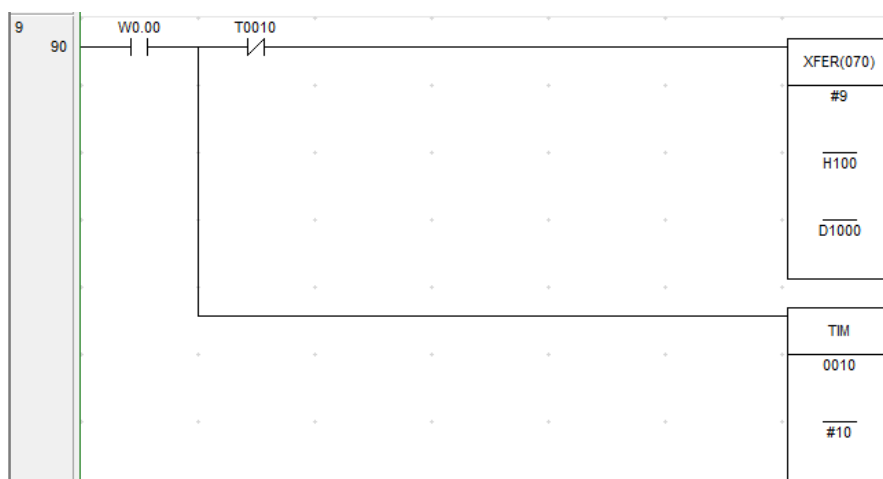


Figura 75.Fragmento 4 programa Registro sistema

Como podemos ver vemos la marca W0.00 (indica la primera plaza) que activa un temporizador y una transferencia de datos. Esta transferencia se realiza con la instrucción XFER. Por lo tanto, nos enviará 9 canales de H100 y nos lo enviará a D1000. El hecho de introducir en NC el temporizador es por la siguiente línea de programa que explicaremos a continuación:





Figura 76.Fragmento 5 programa Registro sistema

Se ha introducido esta transferencia de datos para eliminar lo que sale en el display de entrada de insertar matrícula en cada plaza. De no ser por este hecho, cada vez que otro usuario entrase en otra plaza para reservar otra, antes de introducir su matrícula vería la del anterior usuario, con esto conseguimos que la entrada de texto este limpia y disponible para el usuario.

El funcionamiento de esta instrucción BSET (transferencia de datos directa) es realizar un reset. Como podemos ver en la siguiente imagen, introduce un 0 en los canales que van desde H100 A H104. Por lo tanto, se borran todos los datos que habían sido registrados en la plaza. De la misma manera, se realizará el mismo procedimiento para T0010 al T0017 (equivalente a las 8 plazas).



Figura 77.Fragmento 6 programa Registro sistema

Esta instrucción hace un reset de las plazas reservadas que no han llegado a ser reservadas correctamente ya que no ha llegado a tiempo a la plaza reservada. Por lo tanto, elimina lo que se había guardado previamente y deja disponible los datos de la plaza. Las plazas quedan registradas en D1000 (plaza 1), D1010 (plaza 2) y así hasta llegar a D1080 (plaza 8).

Para acabar con el programa de registro seguiremos con los resets que hemos introducido para limpiar los canales de entrada o de visualización del sistema:



Figura 78.Fragmento 7 programa Registro sistema

En este caso, como en el comentado anteriormente, eliminamos la entrada de matrícula y de número de teléfono para que cuando vuelvas a registrarse otro usuario no vea nada en la entrada de texto.



Figura 79. Fragmento 8 programa Registro sistema

Con esta última función realizamos un reset completo, para eliminar todas las áreas de memorias y empezar de nuevo el procedimiento.

El programa completo quedará reflejado en el apartado C, programa registro sistema de los ANEXOS.

### 8.3.3.2- Programa Envío SMS

En esta apartado explicaremos paso por paso los comandos escogidos para realizar el aviso de que faltan 5 minutos para disfrutar de su plaza de parking. Como hemos comentado anteriormente, ese aviso será mediante SMS.

Para realizar el envío de SMS hemos utilizado un módem GSM GD-01 de la marca Westermo. Por lo tanto, antes de explicar el programa elaborado, daremos una breve explicación de los comandos que son necesarios introducir en el PLC para que el módulo funcione correctamente.

Los comandos necesarios para el envío del SMS son los siguientes:

- 1- AT+CPIN = XXXX <CR>: Este primer comando se introduce cada vez que se reinicie el sistema, simplemente es enviar al GSM el PIN de la tarjeta SIM que hemos introducido. Por lo tanto, una vez enviado el GSM, ha de contestar un OK, conforme ha recibido el código PIN.
- 2- AT+CMGS="XXXXXXXXXX" <CR>: El segundo comando nos envía el número de teléfono al que hay que enviar el SMS. De esta forma se introduce el número de móvil del usuario dentro de las dobles comillas y se introduce la terminación <CR>. Esta terminación equivale a introducir en hexadecimal un 0D, gracias a ésta el GSM sabe que tiene que leer hasta aquí y prosigue con el siguiente comando.
- 3- MENSAJE <CTRL+Z>: En el último comando se envía el mensaje que se quiera con la terminación <CTRL+Z>. Esta terminación equivale a introducir en hexadecimal un 1A, gracias a ésta el GSM reconoce que el mensaje acaba allí y que debe enviar lo anterior a esa terminación.

Una vez comentados los comandos necesarios del GSM para hacer posible el envío del SMS, procederemos a comentar el programa realizado.

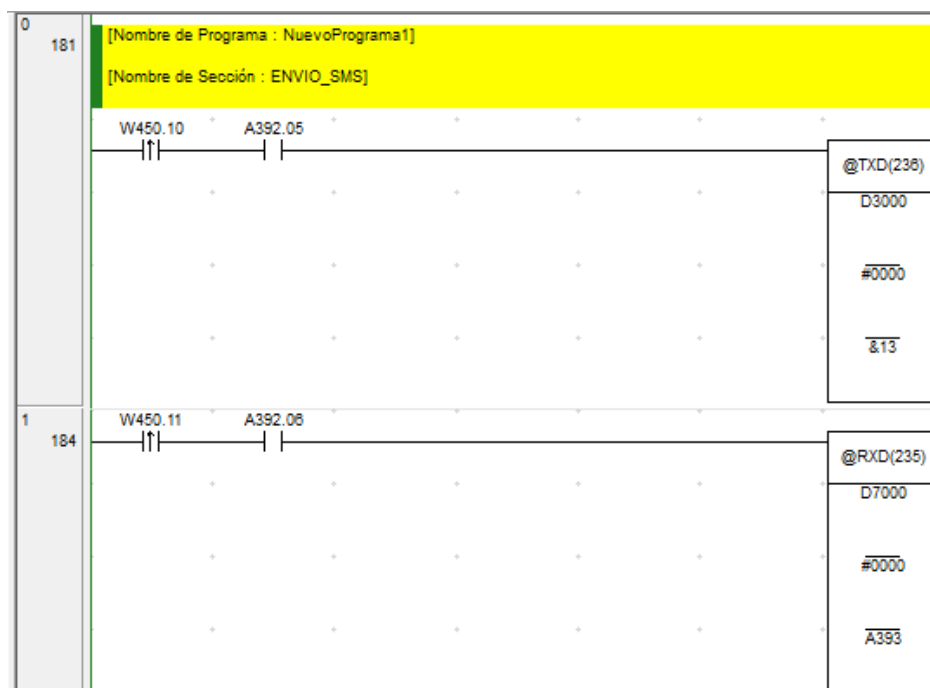


Figura 80. Fragmento 1 programa Envío SMS

Este primer comando de programa nos envía el numero PIN de la tarjeta SIM que se localiza en el GSM. Se activan mediante la marca W450.10 y nos envía el comando AT+CPIN=XXXX (13 bytes) que está almacenado en la memoria D3000. El flanco de subida del contacto y la @ del TXD significan que únicamente nos lo activará durante 1 ciclo de scan, ya que si no estaría continuamente enviándolo. La instrucción TXD como ya hemos comentado indirectamente, nos hace la función de envío al GSM. Colocamos la localización del comando y los bits que queremos enviar.

Por la parte de la instrucción RXD realiza la misma función que el TXD pero en el sentido contrario, es decir, nos muestra en el canal D7000 la respuesta del GSM a si ha recibido el PIN o no. De esta forma, conoceremos si da un OK o da un Error al enviar el primero comando.

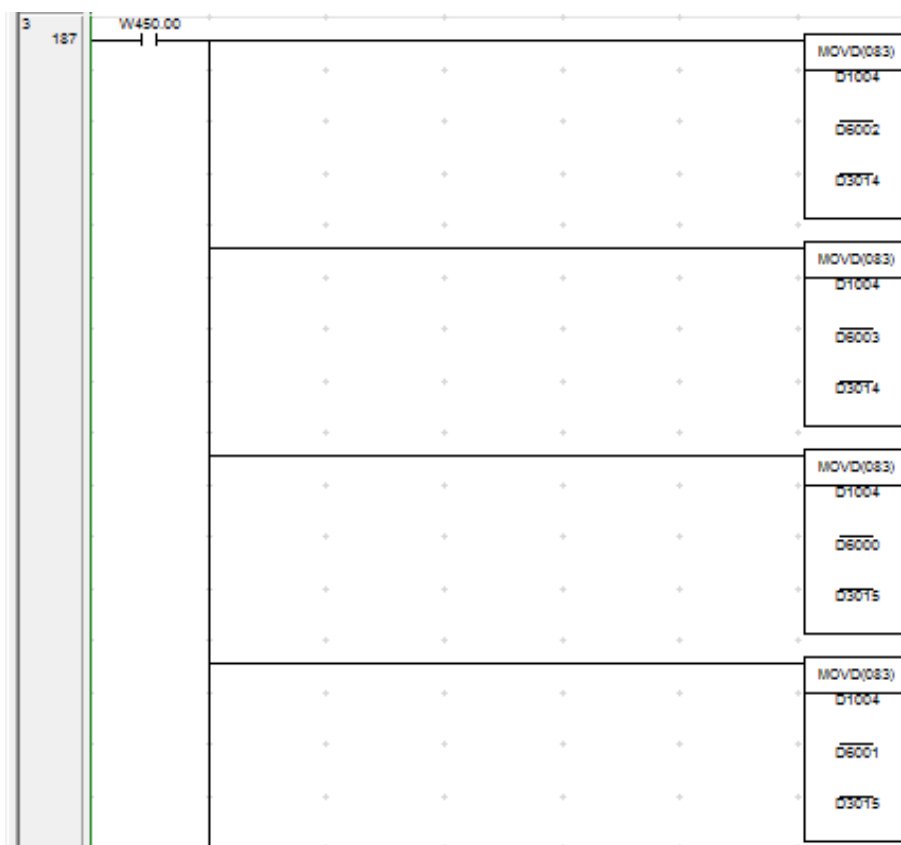


Figura 81. Fragmento 2 programa Envío SMS

El siguiente comando de pantalla es el que se encarga de mover el número de teléfono asignado a la plaza de parking al comando AT+CMGS="XXXXXXXXXX" <CR>. Por lo tanto, realizando un movimiento de dígitos moverá los valores registrados (número de móvil) en la plaza, guardados de D1004 a D1008 (primera plaza) los moverá de D3014 a D3019.

Este procedimiento se realiza con la instrucción MOVD (Mover dígito), de hecho hay varias formas de hacerlo más rápido con otras instrucciones como por ejemplo un XFER que lleva los números de bits que el usuario decida de un origen a un destino y así no hacerlo un por uno. En nuestro caso nos hemos visto obligados a realizarlo con esta instrucción ya que nos encontramos con el problema de las “”.

Con una instrucción como el XFER no desplaza signos como (“”) por lo tanto en nuestro caso no nos sirve y tenemos que hacerlo dígito por dígito para mantener en el destino las (“”). En la siguiente tabla intentaremos demostrarlo más claramente:

Situación inicial:

Memoria	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D1000	12	34	CC	C	62	68	65	65	5.	..
D3000	AT	+C	GS	M=	“X	XX	XX	XX	XX	“.

Tabla 61. Situación inicial de la memoria D1000 y D3000

Con XFER: Las primeras comillas desaparecen.

Memoria	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D1000	12	34	CC	C	62	68	65	65	5.	..
D3000	AT	+C	GS	M=	62	68	65	65	5.	“.

Tabla 62. Situación con instrucción XFER de D1000 y D3000

Con MOVD: Se mantiene las comillas.

En ASCII:

Memoria	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D1000	12	34	CC	C	62	68	65	65	5.	..
D3000	AT	+C	GS	M=	“6	26	86	56	55	“.

Tabla 63. Situación con instrucción MOVD en código ASCII de D1000 y D3000

En Hexadecimal:

Memoria	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D1000	31 32	33 34	63 63	63 20	36 32	36 38	36 35	36 35	35 ..	
nº Dígitos	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0
D3000	41 54	2B 43	4D 47	53 3D	22 36	32 36	38 36	35 36	35 35	22 0D
nº Dígitos	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0	3 2 1 0

Tabla 64. Situación con instrucción MOVD en código HEXA de D1000 y D3000

Para realizar estos movimientos necesitamos saber el código de control que hay que utilizar en cada instrucción, para saberlo miraremos la ayuda de la instrucción donde indica cómo hacerlo:

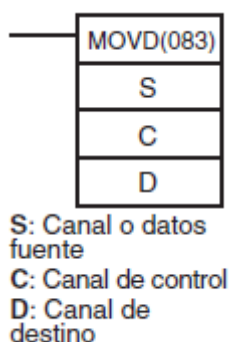
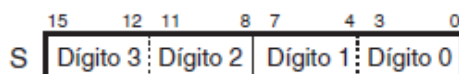


Figura 82. Instrucción MOVD. Fuente: Manual de referencia de instrucciones de OMRON

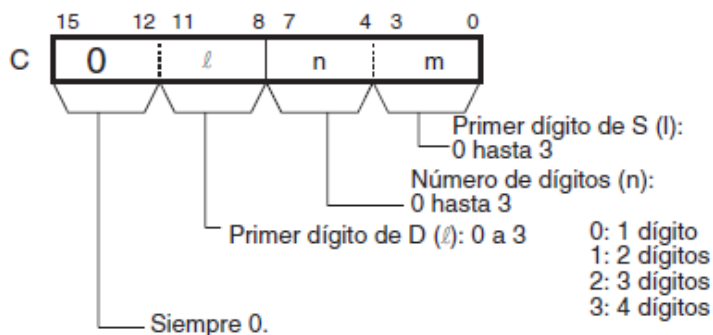
### S: Canal fuente

Los dígitos fuente se leen de derecha a izquierda, volviendo al dígito de la derecha (dígito 0) si es necesario.



### C: Canal de control

Los tres primeros dígitos de C indican el primer dígito fuente (m), el número de dígitos a transferir (n) y el primer dígito de destino (l), como se muestra en el siguiente diagrama.



### D: Canal de destino

Los dígitos de destino se escriben de derecha a izquierda, volviendo al dígito de la derecha (dígito 0) si es necesario.

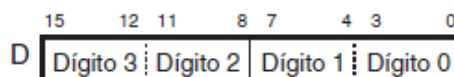


Figura 83. Instrucción MOVD. Fuente: Manual de referencia de instrucciones de OMRON

Como podemos ver el control Word es el que se encarga de decir donde lo mueves, desde donde y la cantidad que mueves. En nuestro caso hay 4 tipos de movimientos:

Localización	Código	Explicación
D6000	0301	0(siempre), llévalo al dígito <u>3</u> de destino, moviendo 1 dígito (0) y cógelo del dígito <u>1</u> del origen
D6001	0200	0(siempre), llévalo al dígito <u>2</u> de destino, moviendo 1 dígito (0) y cógelo del dígito 0 del origen
D6002	0103	0(siempre), llévalo al dígito 1 de destino, moviendo 1 dígito (0) y cógelo del dígito <u>3</u> del origen
D6003	0002	0(siempre), llévalo al dígito 0 de destino, moviendo 1 dígito (0) y cógelo del dígito <u>2</u> del origen

Tabla 65. Tipos de control utilizados en la instrucción MOVD

En este caso únicamente mostramos los 4 primeros movimientos de los dígitos, en el programa entero se realizan un total de 18 movimientos (2 para cada número de móvil).



Figura 84. Fragmento 3 programa Envío SMS

Para cerrar la instrucción hemos introducido dos temporizadores, uno que será el que active la señal de envío del número de teléfono y el siguiente enviará el mensaje al mismo número que habremos enviado al GSM previamente. Para la primera plaza será el T0050 y T0060, para la segunda plaza T0051 y T0061 y así sucesivamente hasta el T0057 y T0067.



Indicar que esta misma instrucción de movimiento de datos que hemos comentado anteriormente se realiza para cada plaza de parking, siendo así la primera plaza activada por W450.00 hasta la última plaza que sería la W450.07.



Figura 85. Fragmento 4 programa Envío SMS

La siguiente instrucción se activa con el primer temporizador que hemos comentado anteriormente, envía 20 bytes del comando CT+CMGS="XXXXXXXXXX" <CR> guardado en D3010.

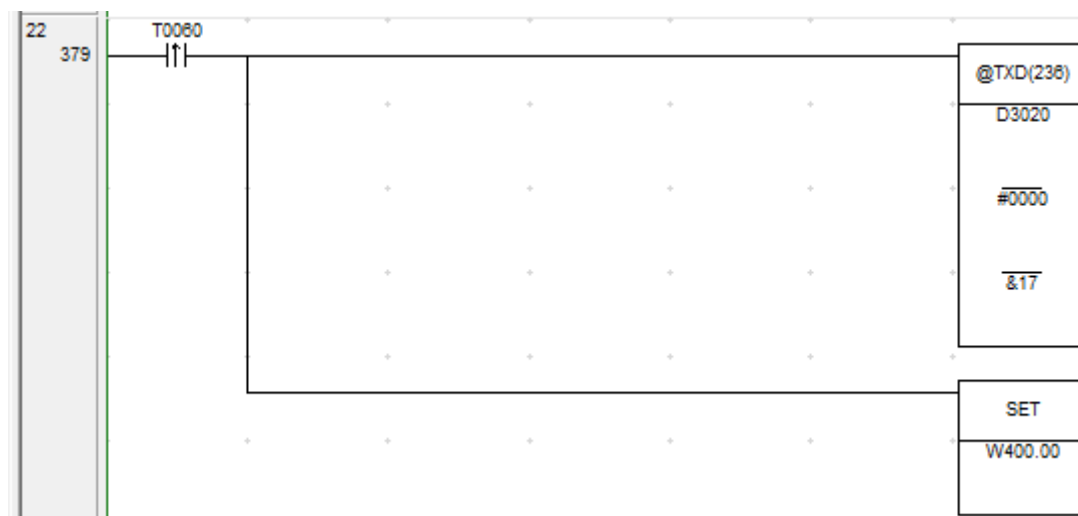


Figura 86. Fragmento 5 programa Envío SMS

El siguiente comando es activado por el segundo temporizador y envía el TXD de D3020 dónde se sitúa el mensaje a enviar. En este caso se enviarán 17 bytes dónde el último de ellos es el <CTRL+Z>. Además se activa una marca W400.00 para la primera plaza que será utilizada para el último comando del programa.

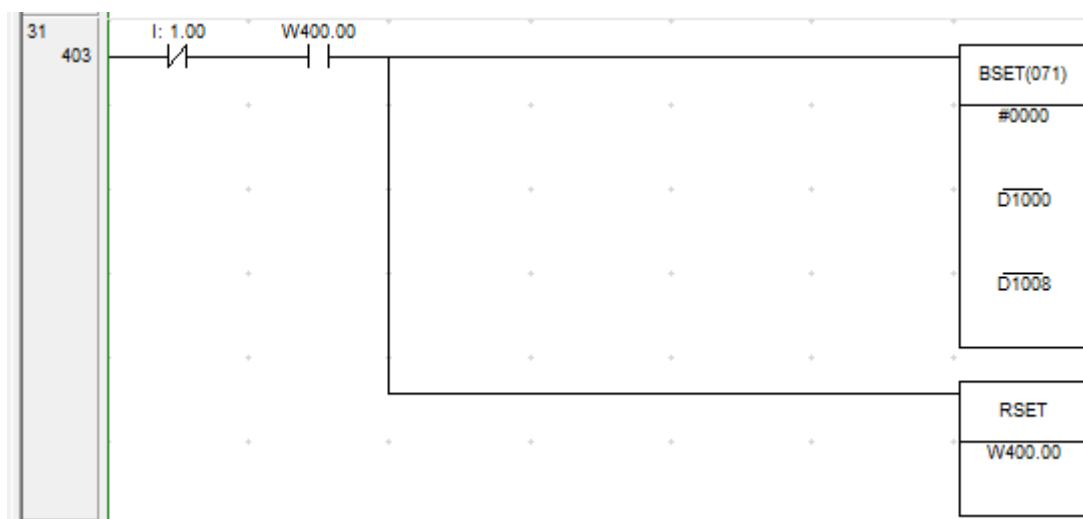


Figura 87. Fragmento 6 programa Envío SMS

Con este último comando nos aseguramos que cuando acabe el proceso de reserva y haya llegado a las 2 horas de estacionamiento permitidas, cuando se disponga a sacar el coche y el sensor no detecte presencia hará un reset de la memoria de la plaza (D1000 a D1008). De esta forma utilizando la marca activada anteriormente, siempre que haya pasado el tiempo de 2 horas y el sensor siga activado no pasará nada, pero si la marca esta activada y el sensor se pone a 0 (se va el coche) se reiniciarán los valores para que la plaza pueda ser utilizada por otro usuario.

El programa completo quedará reflejado en el apartado C, programa envío SMS de los ANEXOS.

### 8.3.3.3- Programa Envío Penalización Económica

De la misma manera que en el programa de envío SMS de aviso de 5 minutos para disfrutar del aparcamiento, se ha pensado realizar un aviso de penalización económica al sistema para aquellos usuarios que no saquen el coche después del aviso.

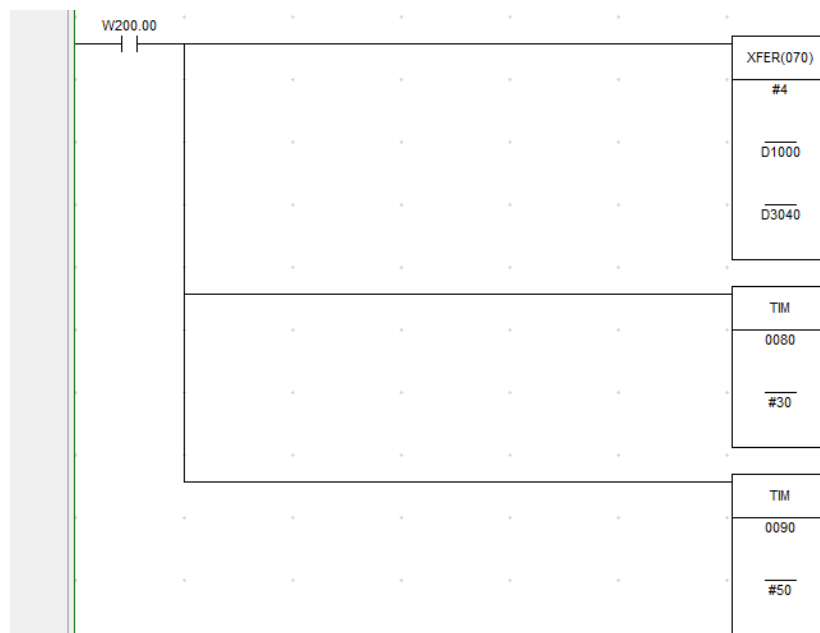


Figura 88. Fragmento 1 programa Envío Penalización económica

Una vez han pasado 10 minutos desde que el sistema envía el aviso, se activa la marca W200.00, esta marca irá de W200.00 hasta W200.07 dependiendo de la plaza de parking que haya que avisar al sistema. Una vez activada se activará la transferencia de datos de la plaza al comando que se haya en la memoria D3040.

En este caso, hemos aplicado el mismo concepto de enviar la información de la plaza de parking a los comandos de envío para comunicarnos con el GSM y enviar el aviso. En este caso en vez de enviar el número de teléfono, enviamos la matrícula de la plaza de parking. Por lo tanto, en este caso no tenemos problemas con las (") ya que el número de teléfono de penalizaciones será fijo, únicamente tendremos que introducir la matrícula en el comando de envío de SMS. Sin problema con el comando de envío del número de teléfono que es el que incluye las comillas, podremos realizar un XFER (Instrucción que permite la transferencia de datos) declarando que envíe los 4 canales de la plaza D1000 (de D1000 A D1004) a D3040 (de D3040 a D3044) y ya tendremos el problema resuelto.

De esta manera conseguimos que salga la matrícula del infractor en el mensaje que enviaremos al sistema para que aplique la penalización económica pertinente. De la misma manera que se activa el XFER se activan 2 temporizadores, uno activará el primer envío del número de teléfono del sistema que será donde irá el aviso y el segundo envía el mensaje donde colocara la matrícula y el mensaje de penalización económica. Los temporizadores dependiendo de la plaza de parking irán de T0080 a T0087 y T0090 a T0097 respectivamente.



Figura 89. Fragmento 2 programa Envío Penalización económica

El siguiente comando se activa con el primer temporizador comentado anteriormente y nos envía el comando AT+CMGS ="XXXXXXXXXX"<CR> guardado en D3030 enviando los 20 bytes que componen este mensaje. Dentro del comando irá el número de móvil del sistema de avisos a dónde irá a parar el aviso de penalización económica del usuario que no haya retirado el vehículo.



Figura 90. Fragmento 3 programa Envío Penalización económica

En el último comando podemos ver como se activa con el segundo temporizador comentado anteriormente y nos activa a su vez el TXD dónde está ubicado el mensaje a enviar al servicio. Este mensaje está guardado en el canal D3040 y está compuesto por 18 bytes.

Por lo tanto, una vez el GSM ha recibido el TXD anterior con el número de teléfono fijo de penalizaciones, pasados unos segundos se envía el siguiente TXD con el mensaje a enviar.

El programa completo quedará reflejado en el apartado C, programa envío penalización de los ANEXOS.

### 8.3.4- Programa NB Designer

En este apartado comentaremos la elaboración de la pantalla HMI utilizada para el proyecto del parking reservable.

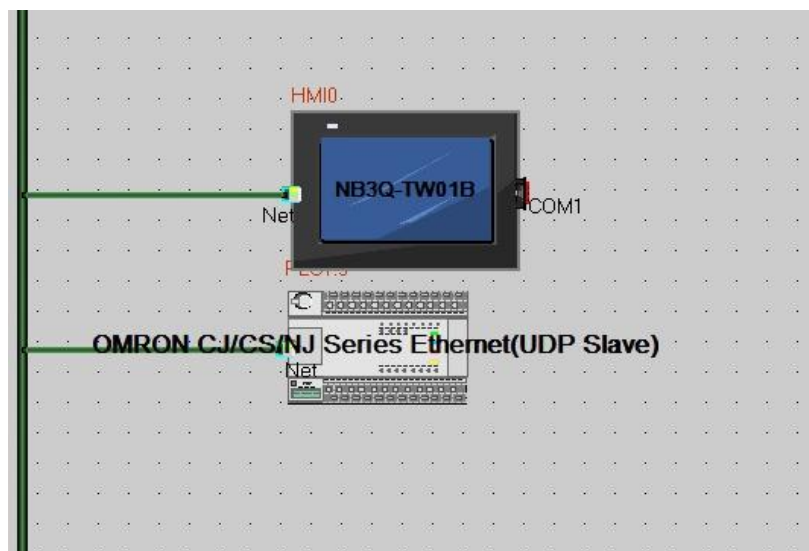


Figura 91. Fragmento 1 programa NB Designer

En la primera imagen podemos ver los elementos necesarios para realizar el proyecto de la pantalla. En nuestro caso, hemos utilizado una pantalla NB3Q y un PLC OMRON del modelo CJ. Estos 2 elementos están comunicados vía Ethernet como podemos comprobar en la siguiente imagen:

Dispositivo	Dirección IP	Puerto	Protocolo	Maestro/E...	Nº de N...	Nº de PLC ...
HMI0	192.168.250.1	9600	OMRON C...	M	1	
PLC1	192.168.250.3	9600	OMRON C...	S	3	

Figura 92. Fragmento 2 programa NB Designer

Los elementos HMI y PLC han de tener la misma IP pero con diferente nodo final. En nuestro caso será 192.168.250. 1 (para la pantalla HMI) y 2 (para el PLC).

Una vez configurada la conexión de los elementos, procedemos a elaborar el diseño propiamente dicho de la pantalla HMI. Para explicar numeraremos las pantallas realizadas y explicaremos los elementos que las componen.

#### 8.3.4.0-Pantalla Presentación

Para la primera pantalla nos encontramos con dos tipos de teclas:



Figura 93. Fragmento 3 programa NB Designer

- 1- Por un lado, una tecla de función que al tocar la pantalla (en nuestro caso la imagen) nos llevará a la pantalla inicial del proyecto.

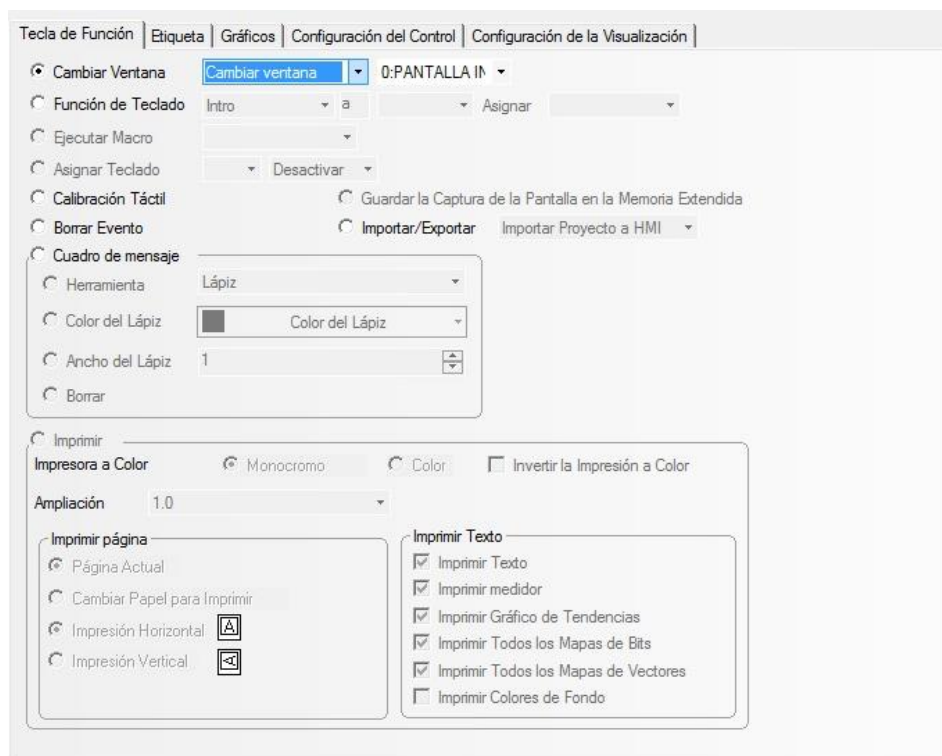


Figura 94. Configuración tecla función NB Designer

- 2- Por otro lado, tenemos una tecla de conmutador de bit para activar el bit LB9175 que nos dará la opción de activar la interfaz web para que la pantalla se pueda visualizar desde el móvil.

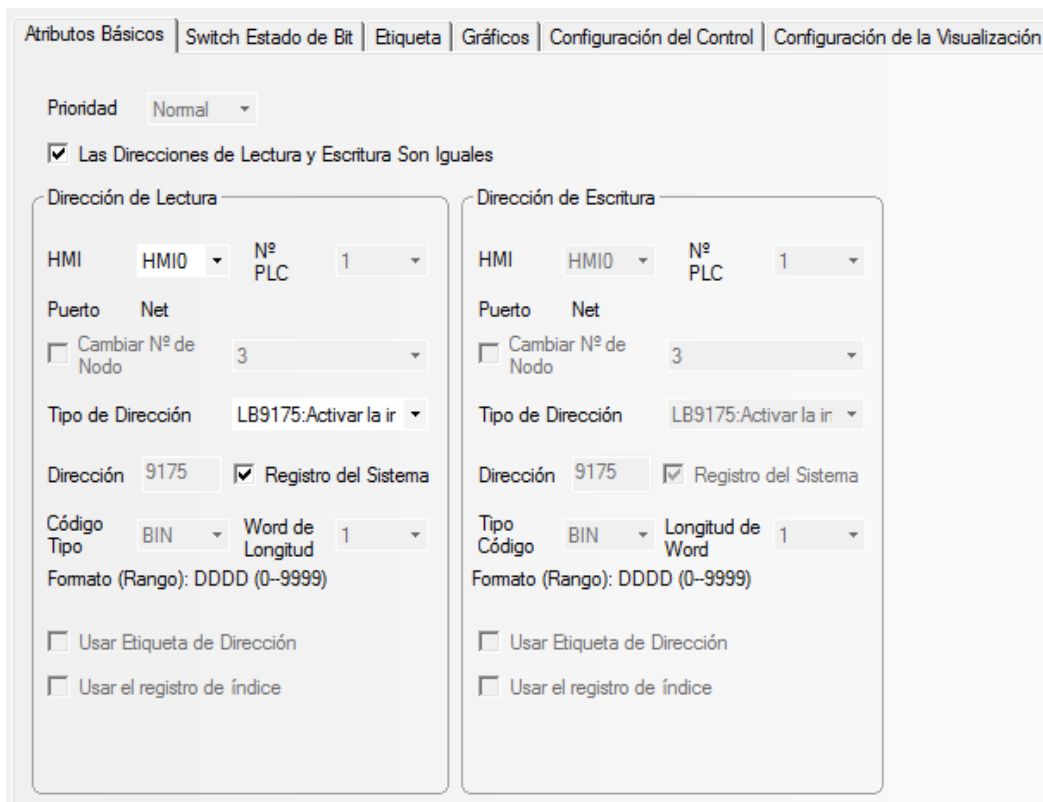


Figura 95. Configuración tecla conmutador de bit NB Designer

#### 8.3.4.1-Pantalla Inicial



Figura 96. Fragmento 4 programa NB Designer



En esta pantalla podemos ver 3 teclas de función que nos distribuirán a 3 diferentes pantallas. Por un lado encontramos la primera que sería a la pantalla nuevo usuario, por otro lado la de usuario registrado y por último la de idioma.

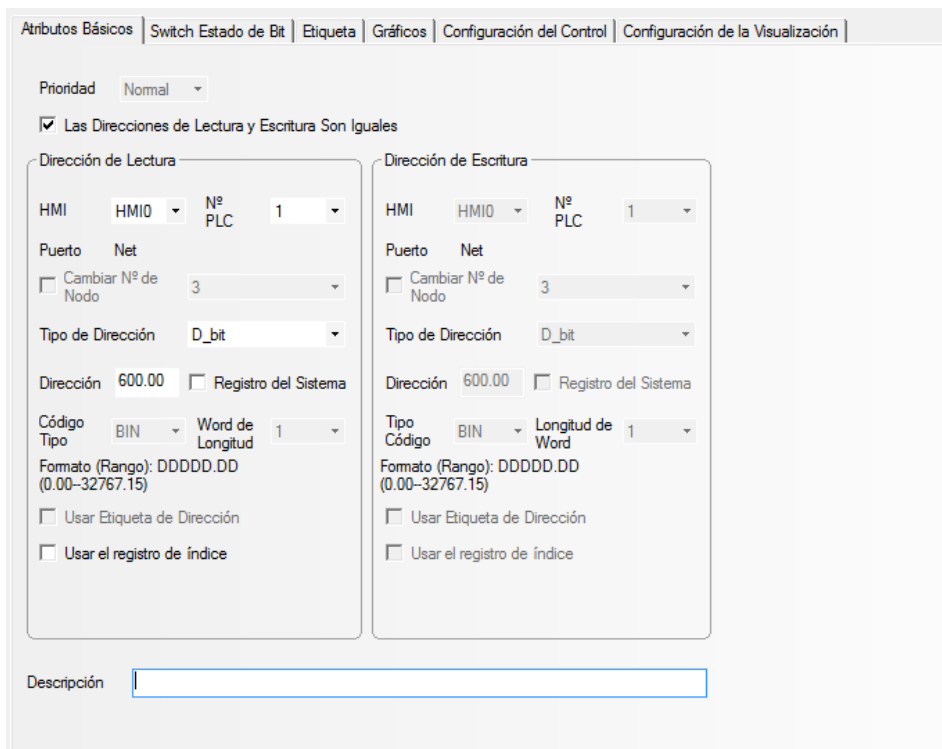
#### 8.3.4.2-Pantalla Nuevo usuario



Figura 97. Fragmento 5 programa NB Designer

En esta pantalla hay 4 tipos de teclas diferentes, por un lado entrada de texto, por otro lado texto fijo, conmutador de estado de bit y teclas de función que distribuyen a otras pantallas. Las teclas utilizadas para esta pantalla son las siguientes:

- 1- Anteriormente hemos comentado la tecla de función que al clicar redistribuye a otras páginas. En esta pantalla contamos con 3 de ellas la tecla de función de volver a la pagina anterior, la de registro de sistema y la de guardar en el sistema.
- 2- Dentro de la tecla de “guardar en el sistema” hay incorporadas 2 botones de conmutación de bit de este tipo:



Atributos Básicos | Switch Estado de Bit | Etiqueta | Gráficos | Configuración del Control | Configuración de la Visualización

Prioridad: Normal

☒ Las Direcciones de Lectura y Escritura Son Iguales

**Dirección de Lectura**

HMI: HMIO Nº PLC: 1

Puerto: Net

☐ Cambiar Nº de Nodo: 3

Tipo de Dirección: D\_bit

Dirección: 600.00 ☐ Registro del Sistema

Código Tipo: BIN Word de Longitud: 1

Formato (Rango): DDDDD.DD (0.00-32767.15)

☐ Usar Etiqueta de Dirección

☐ Usar el registro de índice

**Dirección de Escritura**

HMI: HMIO Nº PLC: 1

Puerto: Net

☐ Cambiar Nº de Nodo: 3

Tipo de Dirección: D\_bit

Dirección: 600.00 ☐ Registro del Sistema

Tipo Código: BIN Longitud de Word: 1

Formato (Rango): DDDDD.DD (0.00-32767.15)

☐ Usar Etiqueta de Dirección

☐ Usar el registro de índice

Descripción:

Figura 98. Configuración tecla conmutación de bit NB Designer

Como podemos ver activamos el bit D600.00 que se encargará por una parte de borrar las entradas de texto de la matrícula y número de móvil que se acaban de introducir para que el siguiente usuario vea libre el canal de escritura.

El otro conmutador de bit es el H501.00, este bit se encarga de activar el puntero que irá guardando las matrículas y números en los diferentes canales D10, D20... hasta D80 de la memoria del PLC.

3- Las dos entradas de texto que tenemos en la pantalla son para introducir la matrícula y para introducir el número de teléfono. La configuración de estos canales es la siguiente:

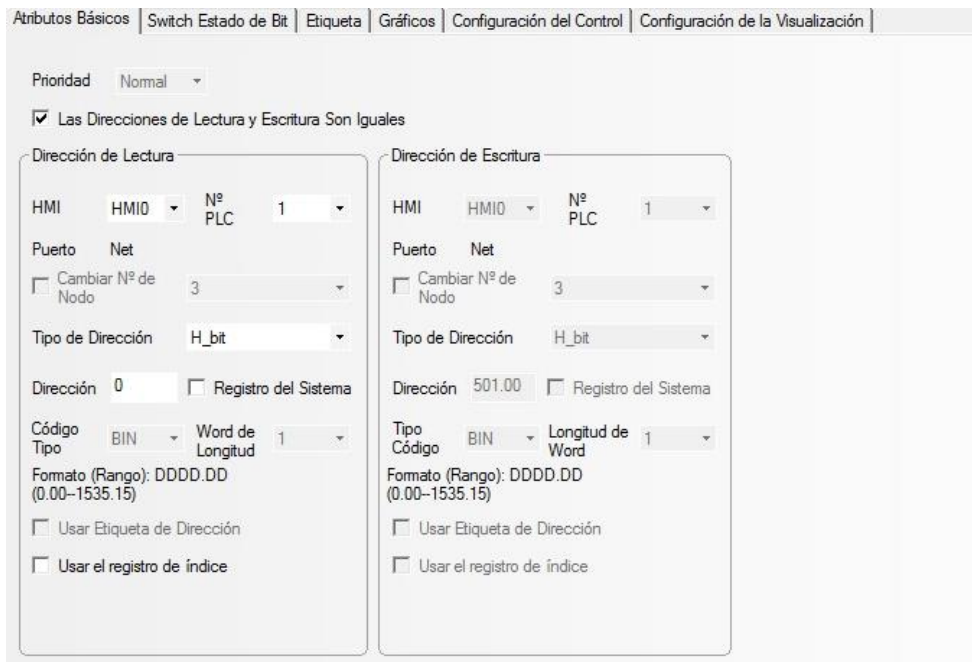


Figura 99. Configuración entrada texto de bit NB Designer

Como podemos ver el texto se introduce en el canal H0 donde irá guardado el valor de la matrícula (de H0 a H3).

De la misma manera tenemos otro introductor de texto que guarda en H4 y guardará el número de teléfono del usuario (de H4 a H8).

4- El texto fijo que hemos introducido es simplemente fijar un texto que no hará ningún cambio, en nuestro caso son los “Introduzca nueva matrícula” y “Introduzca número de teléfono”.

### 8.3.4.3-Pantalla Registro Sistema



Figura 100. Fragmento 6 programa NB Designer

En esta pantalla vemos 3 tipos de teclas, una de función que nos envía a la página anterior, 8 salidas de texto que nos muestran las matrículas y números registrados y un RESET que se realiza con una conmutación de bit:

- 1- Tecla de función que envía a la página de nuevo usuario.
- 2- Un conmutador de bit que activa el bit D800.00, este bit nos hace un RESET de todas las memorias del sistema. Únicamente se ha introducido esta tecla para realizar un RESET de emergencia de todas las memorias del PLC utilizadas.
- 3- Como tercer tipo de tecla esta la salida de texto, esta tecla nos muestra el texto de una parte de la memoria que nosotros asignemos, la configuración es la siguiente:

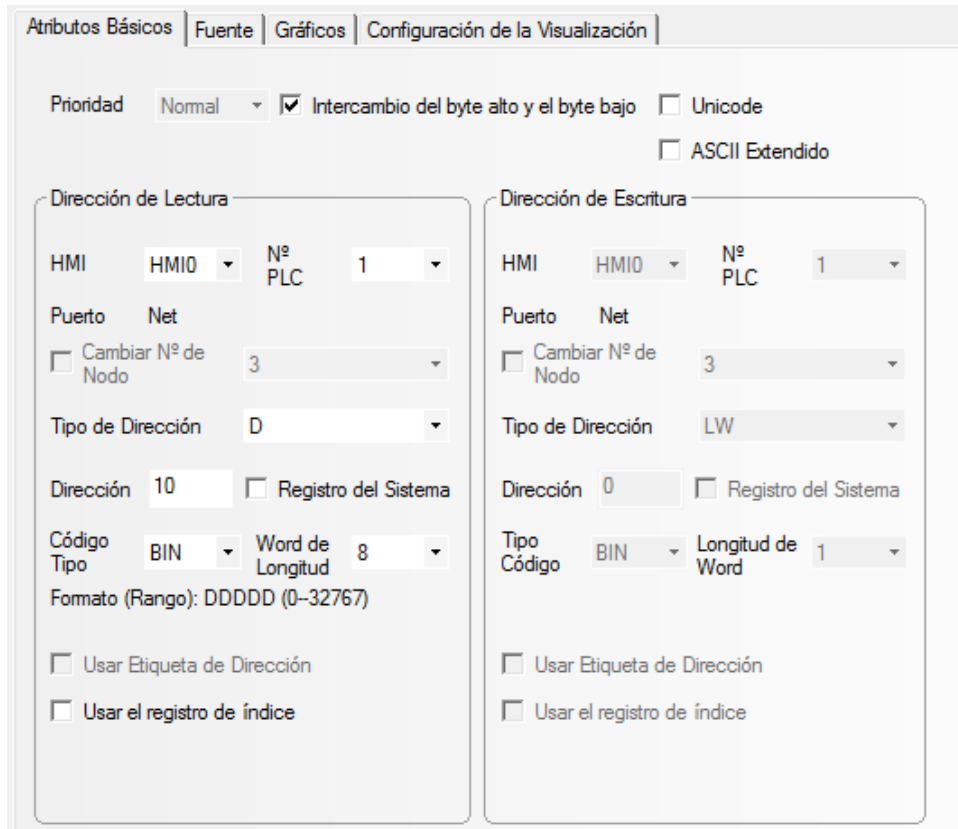


Figura 101. Configuración salida texto de bit NB Designer

Como podemos ver nos muestra lo que hay en la memoria D10, de la misma manera pasa para todas las salidas de texto que hemos aplicado.



Figura 102. Fragmento 7 programa NB Designer

#### 8.3.4.4-Pantalla Parking

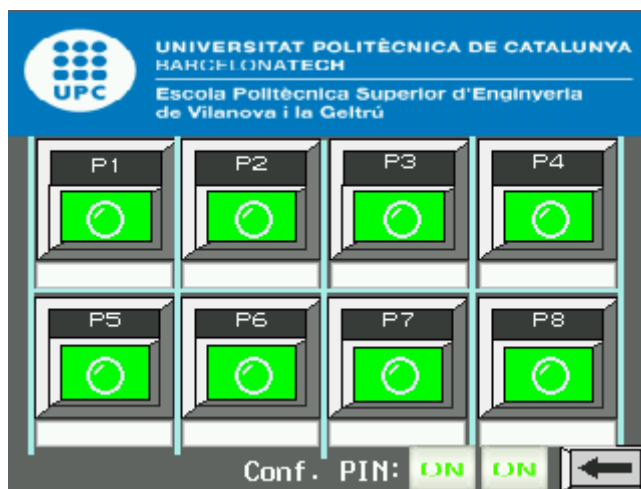


Figura 103. Fragmento 8 programa NB Designer

Para acceder a esta pantalla hay que presionar la tecla de usuario registrado, una vez en la pantalla el usuario podrá escoger su plaza. Dentro de esta página podemos ver 4 tipos de teclas y textos, por una parte teclas de función, visualizadores de texto, indicadores de bit, conmutadores de bits y textos fijos:

- 1- Primeramente encontramos las teclas de función de las 8 plazas de parking, al presionarlas nos distribuyen al registro de plaza de parking y finalmente el de retornar a la página anterior.
- 2- Indicadores de bits encontramos de 2 tipos, en nuestro caso encontramos 8 que indican que ha realizado la reserva, es decir, el bit W0.00, W0.01... han sido activados:

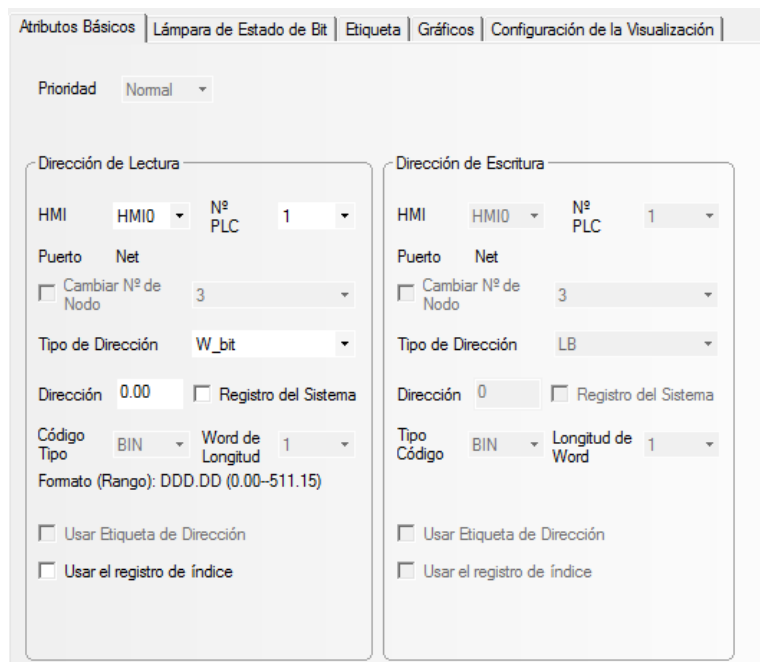


Figura 104. Configuración tecla indicador de bit de bit NB Designer



Figura 105. Fragmento 9 programa NB Designer

Los otros 8 indicadores confirman que el vehículo está en la plaza activando el canal CIO 0.00, CIO 0.01... dependiendo de la plaza escogida.

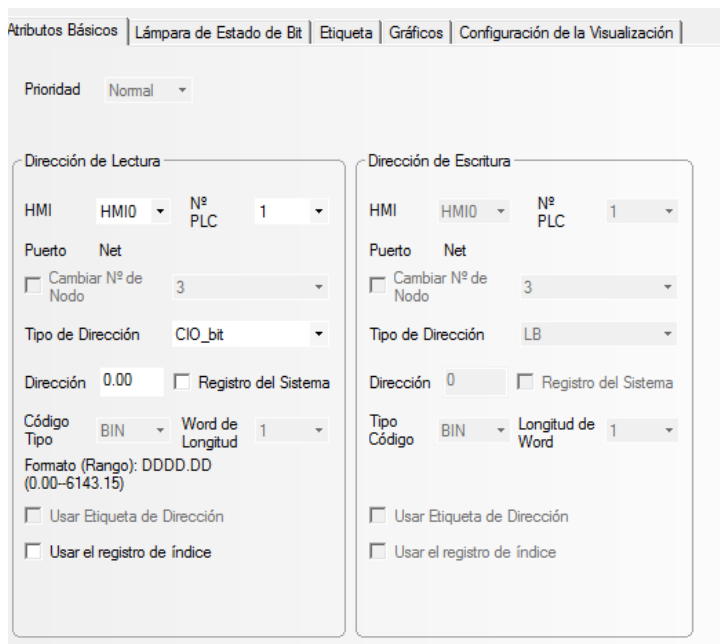


Figura 106. Configuración tecla indicador de bit de bit NB Designer

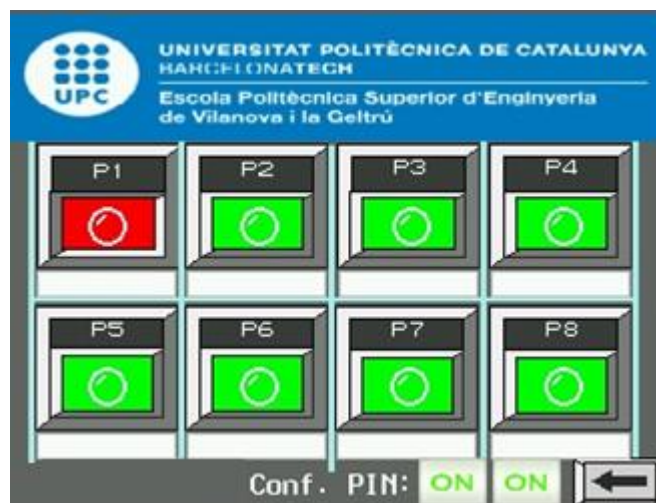


Figura 107. Fragmento 10 programa NB Designer

- 3- Como visualizadores de texto encontramos los que salen en la parte inferior de cada plaza de parking. Muestran el canal D1000 hasta D1003 donde se ha guardado la matrícula de la plaza, de esta forma sabemos por qué coche está ocupada la plaza.
- 4- Por ultimo tenemos 3 conmutadores de bits, uno para activar el bit LB9175 que nos dará la opción de activar la interfaz web, el siguiente activar el envío del PIN de la tarjeta introducida en el GSM y para recibir la respuesta del GSM. Estos dos bits serán W450.10 y W450.11 respectivamente.



5- Por último, encontramos 9 textos fijos, por un lado 8 que indican la plaza P1 P2 P3... y el Conf. PIN.

#### 8.3.4.5-Pantalla Usuario registrado Plaza X.



Figura 108. Fragmento 11 programa NB Designer

Esta pantalla es la que sale cuando el usuario ha designado una de las plazas libres de la pantalla anterior del parking. Por lo tanto, el diseño de esta pantalla estará repetida 8 veces, 1 para cada plaza. En esta pantalla encontramos 5 tipos de teclas, por una parte el cambio de función, por otro lado entrada de texto, visualizador de texto, texto fijo y conmutador de bit:

- 1- En esta última pantalla se encuentran 2 cambios de función. Por un lado el de atrás que nos llevará a la página anterior del parking. La otra tecla de función la encontramos a la hora de reservar la plaza una vez el sistema ha comparado la matrícula que se acaba de introducir, saldrá el número de teléfono y la tecla de opción de reserva. Por lo tanto, las dos teclas de función nos redistribuirán a la pantalla del parking. La diferencia entre las dos es que la de reserva plaza estará visible siempre y cuando el bit 511.00 esté activo.
- 2- Como entradas de texto encontramos la de entra matrícula registrada. Éste canal permite al usuario introducir su matrícula para comprobar que está en el sistema. Los canales asignados de esta entrada son los H100 al H103.
- 3- Como visualizadores de texto encontramos el visualizador de número de teléfono que sale una vez se haya hecho la comparación en el sistema d la matrícula y nos haya dado un OK (se ha activado el bit 511.00). Los canales asignados para esta salida de texto son los H104 a H108.

4- Como conmutadores de bits tenemos en la tecla de opción de reserva. Dentro de esta tecla incluye un cambio de función que ya hemos comentado anteriormente y una conmutación de bit. Cuando el usuario clicca esta tecla, activará el bit W0.00 al W0.07 dependiendo de la pantalla de reserva plaza que se haya abierto. Es decir, si el usuario ha escogido la primera plaza, activará cuando tenga opción de reservar plaza el bit W0.00, pero si el usuario ha escogido la plaza 7, habrá abierto la página reserva plaza de la plaza 7 y por lo tanto activará el bit W0.06 cuando reserve su plaza.

5- Por último encontramos los textos fijos de la pantalla. Como se puede observar son los llamados "Entra matrícula registrada" y "Teléfono registrado".

Acabaremos colocando una imagen de la pantalla "reserva plaza X" una vez ha realizado la comparación de matrículas en el sistema, y se visualiza el número de teléfono y la opción de reserva:



Figura 109. Fragmento 12 programa NB Designer

#### 8.3.4.6-Pantalla Idioma



Figura 110. Fragmento 13 programa NB Designer

En la última pantalla del proyecto vemos el cambio de idioma. Para realizar estos cambios de idioma primeramente tuvimos que realizar una biblioteca de datos con todas las palabras del proyecto y sus respectivas traducciones para los 3 idiomas escogidos.

Nombre	Idioma 1	Idioma 2	Idioma 3
<input type="checkbox"/> Con 0	Conectar :	Conectar :	Connect :
<input type="checkbox"/> Entra matricula registra... 0	Entra matrícula r...	Entra matrícula r...	Enter tuition regi...
<input type="checkbox"/> guard sis 0	Guardar en el sis...	Guardar al sistema	Save in the syst...
<input type="checkbox"/> idioma 0	Idioma	Idioma	Language
<input type="checkbox"/> iNT N TELEF 0	Introduzca núme...	Introdueix número...	Enter phone nu...
<input type="checkbox"/> Int NUEV MAT 0	Introduzca nuev...	Introdueix nova ...	Enter new tuition :
<input type="checkbox"/> Nuevo usuario 0	Nuevo usuario	Nou usuari	New user
<input type="checkbox"/> Reg sists 0	Registro sistema	Registre sistema	Registration syst...
<input type="checkbox"/> Reserva plaza 0	Reserva plaza	Reserva plaça	Place reservation
<input type="checkbox"/> Telefono registrado 0	Teléfono registra...	Teléfon registrat:	Phone registered:
<input type="checkbox"/> Us reg 0	Usuario Registra...	Usuari registrat	Registred user

Figura 111. Biblioteca de datos NB Designer

Una vez realizada las bibliotecas de datos introducimos aplicar 3 conmutador de estado múltiple. Estos conmutadores funcionan con unas memorias propias de la pantalla NB (LW 9130) y se configuran de la siguiente manera:

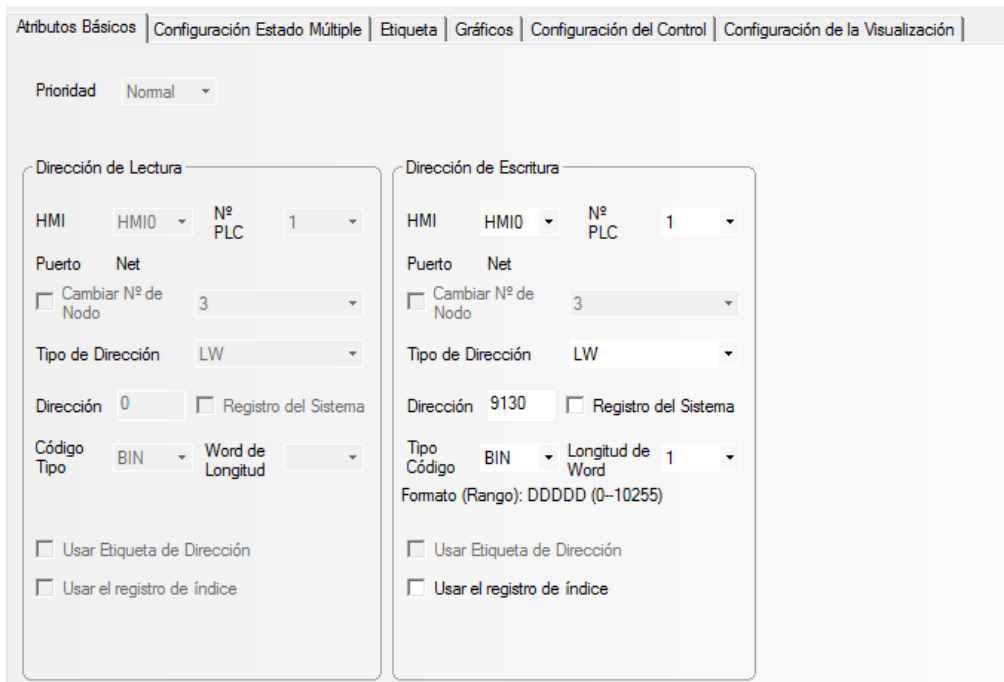


Figura 112. Configuración tecla conmutador de estado múltiple NB Designer

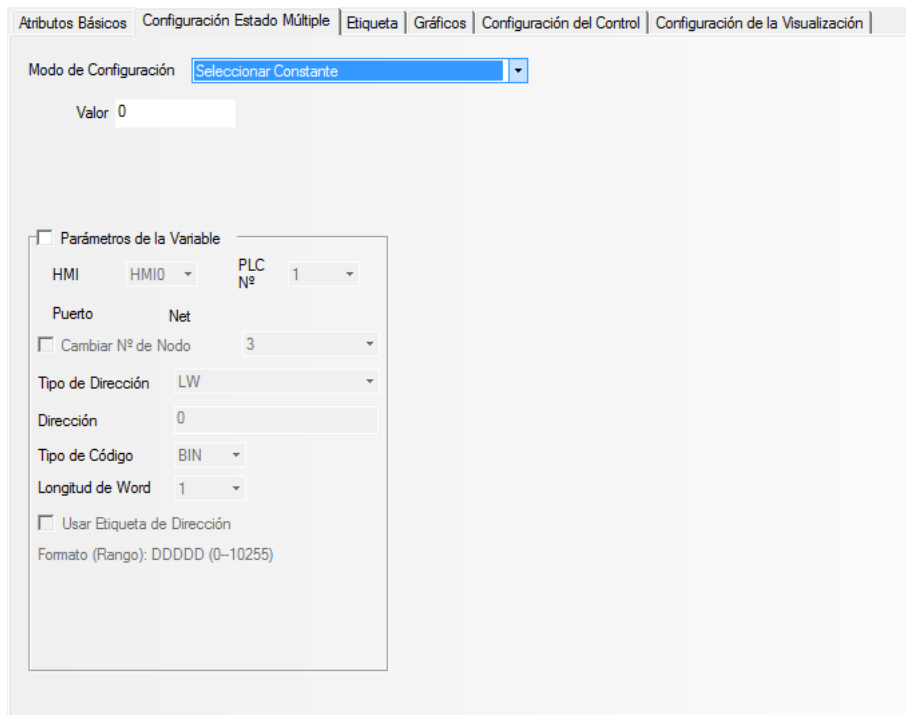


Figura 113. Configuración tecla conmutador de estado múltiple NB Designer

Como podemos ver, se introduce el valor 0, 1, 2 dependiendo del número de idioma. En nuestro caso será:

1.- Castellano

2- Catalán

3- Inglés

### 8.3.5- Proceso para realizarlo vía móvil

Como hemos comentado durante todo el trabajo, el usuario podrá reservar su plaza de parking desde el móvil. En nuestro caso, ya hemos comentado que hemos realizado un prototipo de parking reservable, por lo tanto, realizamos la opción de reserva de una forma más rudimentaria pero que no deja de hacer posible la visualización de cómo sería el proyecto finalmente.

Como nosotros no podemos disponer por el momento de una IP fija y reiterando que es un prototipo de proyecto, lo realizaremos emulando que el modem router que dispone una IP fija sea el dominio comprado por toda Smart City.

Primeramente conectaremos los 3 elementos del parking a un router módem con una IP fija. Este router actuará como Switch y hará que los 3 elementos estén conectados con la misma IP. Se realiza este procedimiento queriendo igualar la opción de tener un dominio de IP comprado y que todos los usuarios dispongan de esa IP para un territorio. Posteriormente el usuario tendrá que conectarse al wifi del router para estar conectado en la misma IP.



Figura 114. Figura resumen sobre cómo se ha realizado el conexionado

Por último el usuario tendrá que introducir en su explorador de móvil la IP de la pantalla en nuestro caso la hemos configurado con la siguiente: 192.168.250.1. Una vez introducida el usuario visualizará la siguiente pantalla:

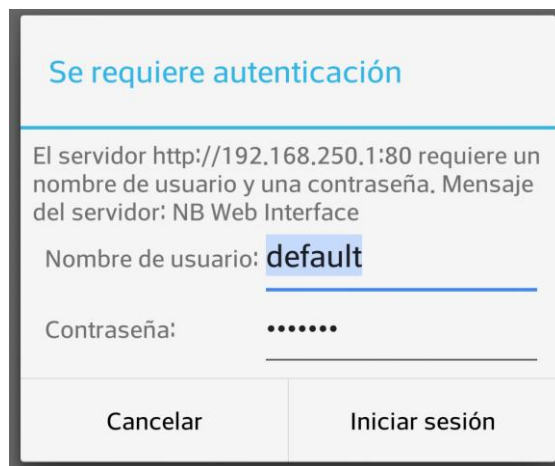


Figura 115. Pantalla de registro OMRON

Previamente nos saldrá la pantalla de registro, pero en nuestro caso, OMRON dispone del usuario y contraseña predeterminado: default, default. De este modo ya entramos en el servicio.

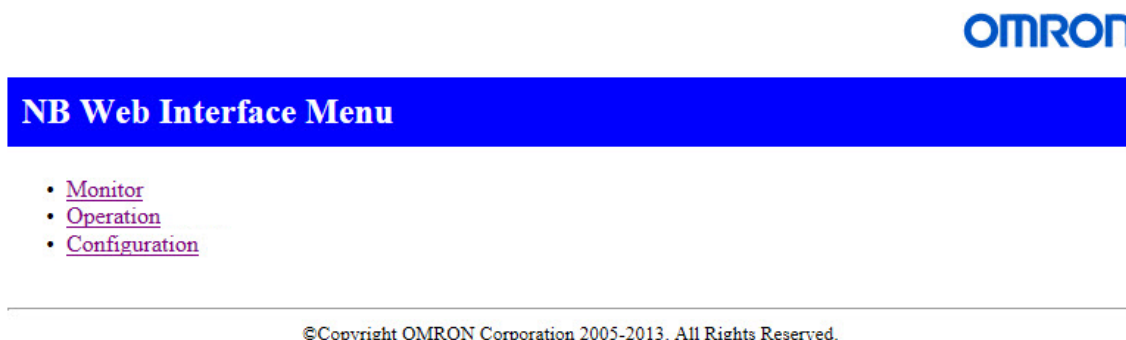


Figura 116. Pantalla de Operación de OMRON

Una vez en la pantalla de la imagen, clicando en Operation el usuario podrá operar en la aplicación y por lo tanto realizar el procedimiento de reserva de parking.

Las limitaciones de este servicio es que por un lado, únicamente tiene capacidad para un web server, por lo tanto este hecho provoca que únicamente un usuario podrá estar realizando el

procedimiento. La otra limitación es la velocidad de reacción, es decir, tarda unos segundos desde que clicas a que se visualiza desde el móvil.

#### 8.4- Ejemplo de aplicación

En este apartado realizaremos paso por paso el procedimiento del parking reservable de la forma más clara posible.

Una vez el usuario haya introducido la IP de la pantalla en su móvil visualizara esta primera pantalla:



Figura 117. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (1)

Tocando en la pantalla se abrirá un menú donde diferenciará los usuarios que son nuevos o los que ya están registrados.



Figura 118. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (2)

Llegados a este punto, haremos como si el usuario no estuviese registrado en el sistema, de esta forma veremos el procedimiento completo. Por lo tanto, el usuario presionará el botón Nuevo Usuario y se encontrará la siguiente ventana:



Figura 119. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (3)



Una vez en esta ventana, el usuario tendrá que introducir la matrícula de su vehículo y su número de teléfono y clicar al botón de guardar en el sistema. Quedando de la siguiente manera:



Figura 120. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (4)

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
H0000	12	34	cc	c	62	68	65	65	5	..
H0010	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0020	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0030	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0040	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0050	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0060	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0070	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0080	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0090	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Figura 121. Explicación del ejemplo de ejecución del programa en PLC (1)

Como podemos ver, a la vez que se introducen los valores por pantalla, también se visualiza en los canales de entradas de datos del PLC (H0 a H8).

Una vez introducidos se procede a guardar en el sistema. Cuando se ejecuta esta acción se activa el puntero y envía los datos introducidos en H0 al primer canal de D, que en nuestro caso es el D10. Por lo tanto, como podemos observar, en la memoria del PLC se ha registrado la matrícula y el número introducido por el usuario.

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
D00000	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
D00010	12	34	cc	c	62	68	65	65	5	..
D00020	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
D00030	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
D00040	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
D00050	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
D00060	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
D00070	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
D00080	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
D00090	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Figura 122. Explicación del ejemplo de ejecución del programa en PLC (2)

Una vez registrado en el sistema, el propio botón de guardar en el sistema le redistribuye al menú principal comentado previamente.



Figura 123. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (5)

Como el usuario ya está registrado, tendrá que presionar el botón de Usuario Registrado y allí podrá reservar su plaza de parking.

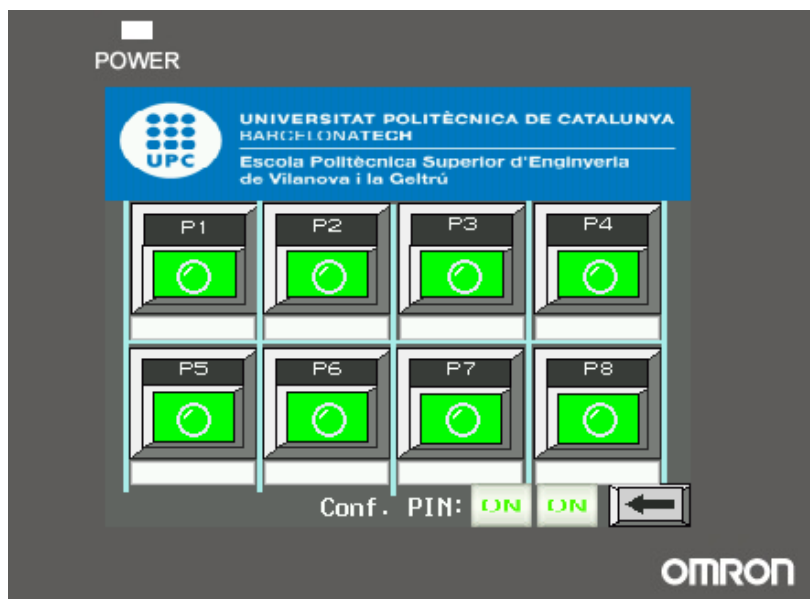


Figura 124. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (6)

A continuación, se observa como el usuario podrá visualizar en la pantalla las 8 plazas de parking elaboradas. En este caso todas están disponibles, por lo tanto podrá escoger la que desee. Para poder escogerla, tendrá que presionar sobre cualquiera de las 8 posibles abriéndose la siguiente ventana:



Figura 125. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (7)

Como podemos ver, el usuario tendrá que introducir la matrícula de su coche. Una vez introducida hay dos opciones, la primera que la matrícula no este registrada en el sistema y por lo tanto no salga nada en la pantalla:



Figura 126. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (8)

La segunda opción posible es que la matrícula esté registrada en el sistema, este hecho provoca que se refleje el número de teléfono del usuario y la opción de reservar la plaza:



Figura 127. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (9)

Como podemos ver la entrada de texto de la matrícula es la misma para cada plaza, por lo tanto, podemos ver como en el PLC también sale en la memoria de entrada de texto en la plaza de parking:

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
H0080	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0090	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0100	12	34	cc	c	62	68	65	65	5	..
H0110	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0120	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0130	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0140	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0150	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0160	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0170	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
H0180	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Figura 128. Explicación del ejemplo de ejecución del programa en PLC (3)

Como todo está correcto, al haber presionado el botón de reserva plaza le redistribuirá sobre la pantalla del parking y verá como su plaza está reservada pero no total, ya que todavía tendrá que ser confirmada por el sensor de la plaza de que ha llegado el coche a la plaza, quedando de la siguiente manera:

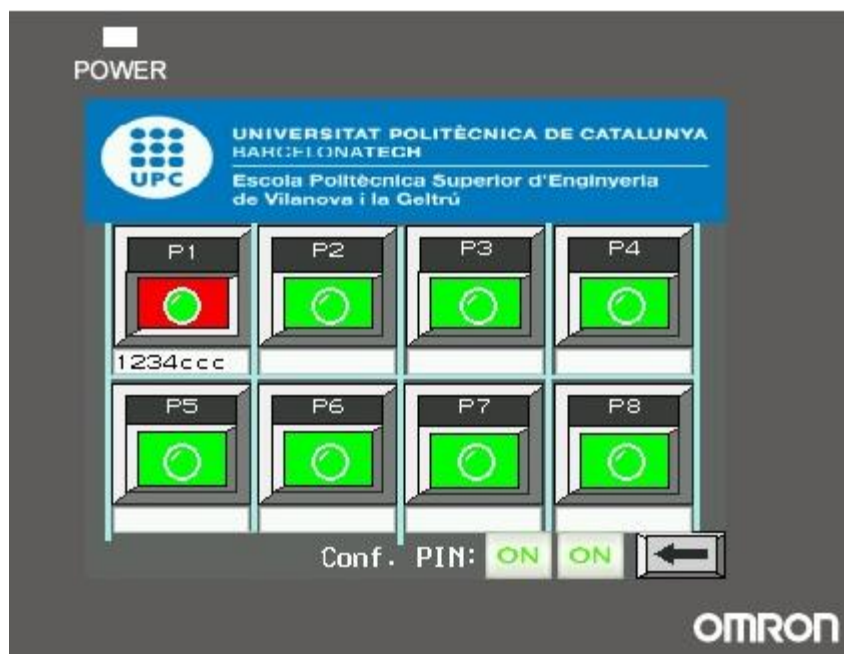


Figura 129. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (10)

Si el usuario llega antes de los 10 minutos, el detector de bit que sigue en verde quedará en rojo, y significara que ya ha reservado la plaza y tiene 2 horas para disfrutar de ella.

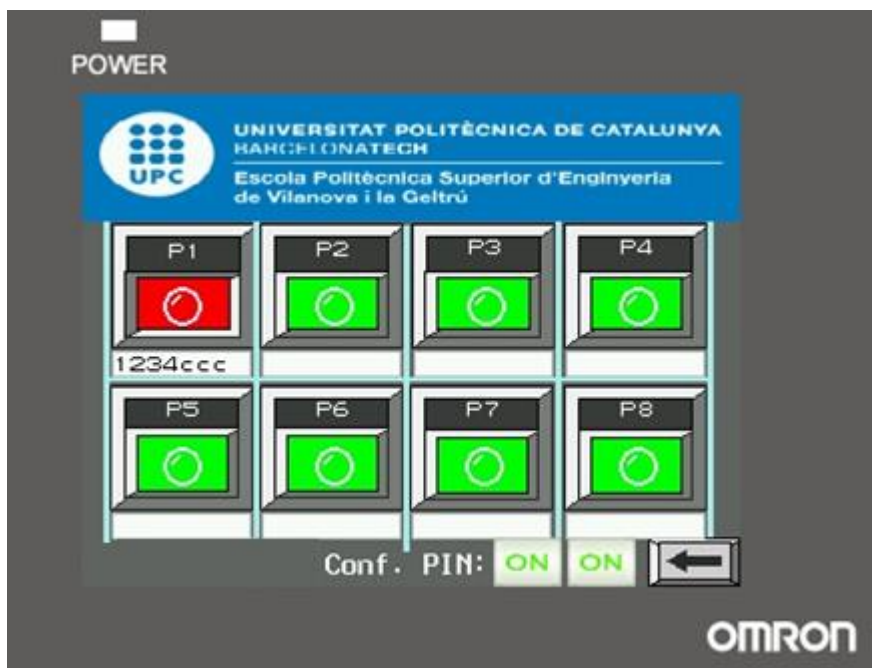


Figura 130. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (11)

Como podemos ver, la plaza se ha reservado correctamente y desde el momento en que el sensor detecta presencia, el usuario dispone de 2 horas para disfrutar de su plaza.

Como se ha comentado en el proyecto, el sistema dispone de unos mecanismos de avisos mediante SMS para que los usuarios sepan que les quedan 5 minutos para disfrutar de su plaza y de un SMS al sistema donde se indica que el usuario excede 10 minutos sin sacar el coche desde que llega el primer SMS y por lo tanto se le aplicará una penalización económica. Como podemos ver a continuación se visualizan los mensajes que hemos comentado a continuación:

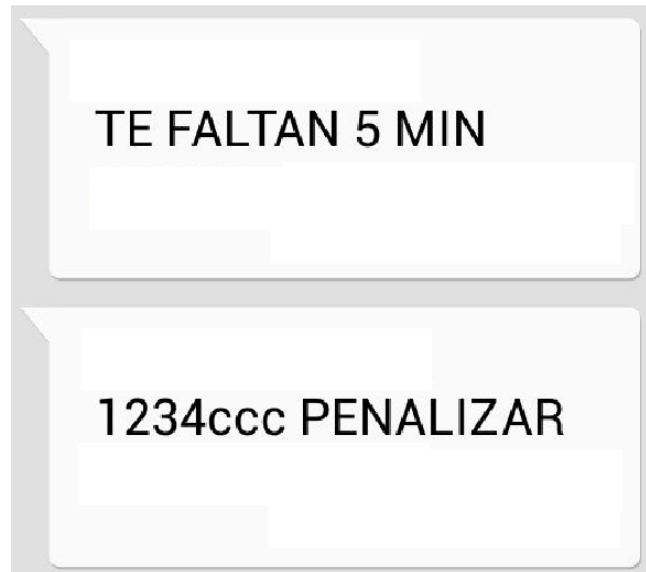


Figura 131. Explicación del ejemplo de ejecución del programa (12)

## 8.5- Idea a gran escala

Como hemos comentado, toda esta propuesta de parking reservable se ha realizado con la intención de que se aplique a gran escala. Esta aplicación a gran escala comportará una gran serie de cambios y una serie de mejoras que se podrían plantear para completar la idea de parking reservable más idónea para todos y para el que lleve el proyecto a delante.

A continuación, en este apartado intentaremos dar a conocer los pasos a seguir para poder llevar a cabo este parking reservable a gran escala. Para que la idea de esta propuesta tenga sentido.

### 8.5.1- Variación del programa con tiempos Reales

A continuación, mostraremos una muestra de cómo sería el procedimiento para realizar el proyecto con los tiempos reales que se han comentado en el proyecto en vez de utilizar los tiempos reducidos.

Primeramente tenemos que destacar que la instrucción TIM únicamente permite como máximo el valor #9999 en BCD (17' 05" aproximadamente). Por lo tanto, la solución a esta limitación de instrucción sería utilizar el reloj interno del PLC y realizarle la instrucción CADD. Esta instrucción nos permite identificar el tiempo real de PLC, sumarle el valor que queramos y depositar el resultado en cualquier parte de la memoria que queramos. La instrucción es la siguiente:

### CALENDAR ADD: CADD(730)

**Empleo**

**Símbolo de diagrama de relés**

Añade la hora a los datos del calendario de los canales especificados.

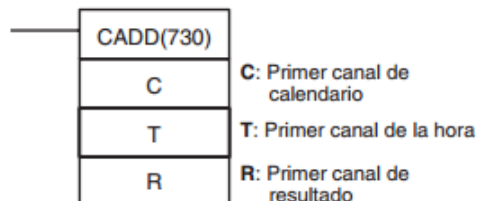


Figura 132. Instrucción CADD de cx programmer. Fuente: Manual de referencia de instrucciones de OMRON

A continuación realizaremos un pequeño ejemplo de cómo sería el procedimiento para el temporizador de 10 minutos.

Primeramente hay que destacar que los valores del reloj del PLC se encuentran registrados en A391 y A392. El formato de la memoria es el siguiente:

Memoria	Valor	Formato	Explicación
A391	#15,00	#min,seg	15 minutos, 00 segundos
A392	#22,12	#día,hora	22 día, 12 horas

Tabla 66. Explicación de la memoria donde se haya el reloj interno del PLC

Por lo tanto, una vez conocidas las partes de la memoria donde se registra el reloj del PLC podemos explicar el procedimiento que seguiríamos para el ejemplo del temporizador de 10 minutos para llegar a la plaza una vez reservado.

Primeramente realizaríamos un transferencia de datos de A391 a una memoria cualquiera como por ejemplo D10000. Como se puede ver, movemos 3 canales, es decir A391, 392 y 393 a d10000.



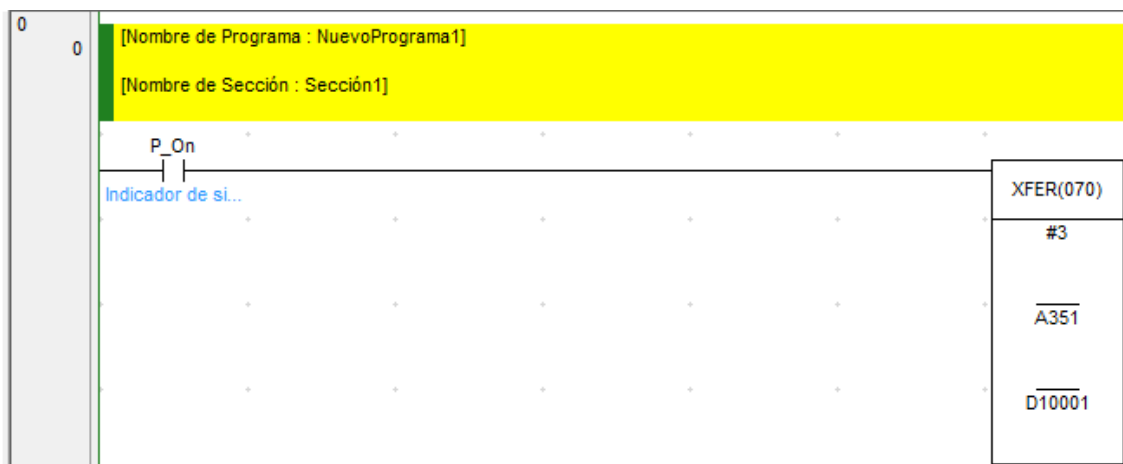


Figura 133. Fragmento 1 muestra de la variación del programa con tiempo real

Una vez realizada la transferencia de datos en directo podemos aplicar la instrucción CADD. Primero se coloca la memoria D10000, posteriormente la cantidad que hay que sumarle a la fecha y finalmente donde se ubica el resultado.

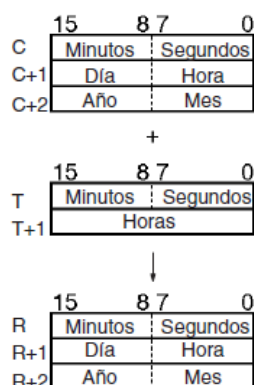


Figura 134. Explicación configuración Instrucción CADD. Fuente: Manual de referencia de instrucciones de OMRON



Figura 135. Fragmento 2 muestra de la variación del programa con tiempo real

Una vez tenemos el resultado, habría que realizar una comparación con el resultado con la hora real, de esta forma cuando sean igual nos dará el OK y activará la salida.



Figura 136. Fragmento 3 muestra de la variación del programa con tiempo real

### 8.5.2- Diseño de la interface

Para realizar el diseño de la interface del proyecto, una solución factible sería mediante el software B-SCADA. Estos programas tienen un precio elevado en el mercado, pero permiten realizar un diseño muy completo y que permitiría al usuario tener un esquema claro de cómo poder realizar el proceso de reserva de su parking.

La idea sería mantener el mismo diseño de registro en el sistema y modificar la opción de reserva, es decir, en vez de que se muestre un parking demostrativo de 8 plazas, la idea sería distribuir la ciudad en partes o calles y así el usuario tendría la opción de poder reservar su plaza en toda la ciudad:



Figura 137. Distribución de la ciudad Smart City "Mas Rabassa"

Disponemos de 906 plazas de parking por lo tanto como hemos comentado anteriormente, se distribuiría la ciudad en calles y entonces sería mucho más sencillo para el usuario reservar la plaza dependiendo de donde quiera ir. La distribución quedará de la siguiente manera:

- a. Ronda de mar
- b. Avenida del Garraf
- c. Calle del Doctor Fleming
- d. Calle de la Mare Ràfols
- e. Calle de Olèrdola
- f. Calles del Doctor Janer y del Bisbe Estalella

### 8.5.3- Registro en el sistema

Para realizar el registro de sistema por parte de los usuarios en vez de hacer un registro con la memoria del PLC se ha pensado que una buena opción sería realizar con el mismo software B-SCADA una base de datos o cualquier metodología que utiliza datos SQL, que permiten hacer una base de datos.

Con estas tecnologías permitiremos que un mayor número de usuarios se puedan registrar en la base de datos.

### 8.5.4- Comunicación con los usuarios

En nuestro proyecto pensamos en que una forma idónea y directa de poder comunicarnos con los usuarios para que sepan el periodo de estacionamiento que les queda es mediante SMS. Hay muchas formas de poder comunicarse, ya sería desde la página que se cree dónde saldría el tiempo que le falta para que acabe el tiempo, o bien mediante envío de algún tipo de dato.

Por lo tanto se podría mantener la función de envío de SMS como utilizamos en este proyecto o bien elaborar un sistema de pagos donde el usuario se habría tenido que registrar previamente con su cuenta bancaria. De esta forma podríamos poner precio al servicio del parking, dar opción a que siga con su plaza colocando algún sistema de renovación de plaza por si quisiese doblar las horas de estacionamiento o bien penalizarlos directamente, si no retiran el coche una vez pasada la dos horas.

### 8.5.5- Propuestas de mejora

Como hemos comentado anteriormente, el parking propuesto tiene un gran margen de mejora. Las propuestas de mejora del parking reservable pensado a gran escala y por lo tanto con un mayor tiempo para realizar el proyecto sería:

#### 1- Mecanismos de pagos:

La idea sería realizar un método de pago por el servicio. Es de decir, hacer un mecanismo de pago mensual o anual dependiendo de la zona de parking donde se estacione. La idea sería que el usuario además de registrarse con la matrícula y número de teléfono, también introdujera en el registro su cuenta corriente. De esta forma se podría gestionar los cobros por utilizar el servicio, otro tipo de servicio o para penalizaciones.

#### 2- Prorrogar tiempo parking:

En el caso de que el usuario necesitase más tiempo de reserva de plaza, se pensaría en una opción que le diese la oportunidad de que antes de que ceda el tiempo de reserva de 2 horas, el usuario pudiera aplicar 2 horas más en el caso de que necesitase más tiempo. Esta solución comportaría cargos económicos que quedarían reflejados en la cuneta del usuario.

#### 3- Reserva anticipada de una plaza:

Otra sugerencia de mejora sería la opción de reservar una plaza con antelación de tiempo. El usuario tendría previsto la necesidad de una plaza en un tiempo determinado y por lo tanto podría reservar una plaza con X días de antelación.

#### 4- Detección óptica de matrícula y activación o negación del pivote mecánico:

Para evitar que algún usuario entrase en la plaza de algún usuario que tuviese plaza reservada previa, se podría elaborar un mecanismo que consistiría en unos pivotes centrales en cada plaza que estuviesen activados siempre y cuando la matrícula que se dispone a entrar en el parking no corresponde con la matrícula que ha reservado esa misma plaza.

## 9- Presupuesto

A continuación mostraremos el presupuesto general del estudio energético y cogeneración, propuesta de iluminación exterior y propuesta del parking público reservable

### - Estudio energético de la Smart City y sistema de cogeneración

Se ha realizado el presupuesto del sistema energético del Mas Rabassa.

Designación	Material	Unidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)	Precio (€) IVA
Depósito acumulador	Vitocell 100-V CVA 300 L	688	1.155	794.640	961.514,4
Bomba de presión	Floject 3,4 bar máx.	17	95	1.615	1.954,15
Bomba de calor aire - agua	Panasonic Aquarea WH-UD03EE5	688	1.906	1.311.328	1.586.706,88
Sensor de caudal	Sensor de nivel LK3123	17	296	5.032	6.088,72
Módulo cogeneración	Módulo CHP BOSCH	16	80.000	1.280.000	1.548.800
Bomba de calor geotérmica	Bomba Ecoforest	47	23.500	1.104.500	1.336.445
	Horas de trabajo		15		2.700
					<b>5.444.209,15</b>

Tabla 67. Presupuesto estudio energético Mas Rabassa

### - Propuesta de iluminación exterior

Materiales	Unidades	precio (€)	total (€)
Placa microprocesador Arduino	288	18	5184
Condensador 1nF	288	0,2	57,6
Resistencia 2kΩ	288	0,2	57,6
Luminaria 90,5W, b9p353t15 Philips	288	300	86.400
Transistor TIP 141	288	0,6	172,8
Fuente alimentación LG	288	45	12.960
Sensor de presencia PIR	288	2,55	734,4
Horas de trabajo	300	15	4.500
			<b>110.066,4</b>

Tabla 68. Presupuesto iluminación exterior Mas Rabassa

### - Propuesta parking público reservable

Para el presupuesto de del parking reservable hemos incluido únicamente el material utilizado para realizar la propuesta. El motivo de no poder entregar un presupuesto final de toda la automatización del parking público de la Smart City "Mas Rabassa", es debido a que si finalmente se llevase a cabo, dependería de muchas variables que no podemos tener en cuenta hasta el momento.

Material	Unidades	Precio IVA inc. (€)	Total (€)
CJ2M CPU 32	1,00	1.040,00	1.040,00
Fuente alimentación PA202	1,00	153,13	153,13
Tarjeta comunicaciones CPIW-CIF01	1,00	58,08	58,08
Módulo entradas digitales ID201	1,00	126,68	126,68
Módulo entradas digitales OD212	1,00	126,68	126,68
Cable comunicaciones RS 232	1,00	6,14	6,14
Cable conexión USB Serie	2,00	28,90	57,80
Modem Internet	1,00	42,99	42,99
Cable Ethernet 1m	2,00	2,45	4,90
Módulo GSM GD-01	1,00	373,29	373,29
Pantalla HMI NBQ3	1,00	195,00	195,00
Fuente alimentación MURR 24 DC	1,00	74,23	74,23
Horas programación	150,00	15,00	2.250,00
			<b>4.508,92</b>

Tabla 69. Presupuesto de la propuesta parking reservable

A continuación, se muestra una tabla con el presupuesto total del proyecto Smart City Power System Control.

Proyecto	Presupuesto (€)
Estudio energético y cogeneración	5.444.209,15
Iluminación exterior	110.066,40
Parking reservable	4.508,92
<b>5.558.784,47</b>	

Tabla 70. Presupuesto total del proyecto

## 9- Viabilidad económica

- En este punto comentaremos la viabilidad económica de la instalación eléctrica exterior y la cogeneración.
- Viabilidad económica iluminación exterior:

Se ha comparado el precio inicial del proyecto Mas Rabassa del conjunto de luminarias públicas con la nueva tecnología presentada en este proyecto (tecnología LED regulable).

En la siguiente explicación se observa la comparación de las dos tecnologías y se demuestra la viabilidad económica de esta nueva propuesta:

- Según nuestro presupuesto la inversión en iluminación con elementos de bajo consumo más el control eficiente de iluminación es de:

$$Iluminación\ exterior = 115166,4\ €$$

- Presupuesto obtenido de (sin inversión de elementos de bajo consumo ni control de eficiente de iluminación) es de:

$$Iluminación\ exterior = 414514,91\ €$$

- La diferencias entre los dos presupuestos

$$Diferencia = 414514,91 - 115166,4 = 299375,51\ €$$

- Ahorro:

Claramente vemos que el ahorro en inversión es de 299375,51 €, esto se debe a que los elementos de bajo consumo son más baratos.

- Amortización:

- Presupuesto de instalación de nuestro sistema autónomo es de = 115166,4€
- Consumo de energía media = 28700 Wh/día

Si tomamos que los equipos instalados van a trabajar 8 horas de noche a un rendimiento medio diario de un 95% (teniendo en cuenta el rendimiento de las luminarias, la media anual tomando en consideración el porcentaje de días nublados, la media de horas de captación entre verano e invierno)

$$27,7\ kW * 8\ horas * 0,95 = 218,12\ kWh$$

- Si lo calculamos para un año:

$$Anual = 218,12\ kWh * 365\ días = 79613,8\ kWh/año$$

Cálculo aproximado del ahorro anual, precio con tarifa media de 0.17kWh + IVA incluido de las energéticas:

$$Ahorro\ anual = 79613,8\ kWh * 0,17\ \frac{€}{kWh} * 1,21\ (IVA) = 16376,55\ €/año$$

Calculo de la amortización:

$$Amortización = \frac{Presupuesto}{Ahorro anual} = \frac{115166,4 \text{ €}}{16376,55 \text{ €/año}} = 7,03 \text{ años}$$

- Viabilidad económica cogeneración:

- Presupuesto de instalación de la= 5 444 209,15 €
- Generación de energía media 1 modulo= 400 kWh/dia

El rendimiento medio del módulo es 38% y su funcionamiento de 24h estimamos el trabajo de 9 módulos (3600 kW)

- Tiempo de funcionamiento:

$$3600 \text{ kW} * 24 \text{ horas} * 0,385 = 33264 \text{ kWh}$$

- Si lo calculamos para un año

$$33264 \text{ kWh} * 365 \text{ días} = 12141360 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Cálculo aproximado del ahorro anual, precio con tarifa media de 0.17kWh + IVA incluido de las energéticas:

$$Ahorro anual = 12141360 \text{ kWh} * 0,17 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * 1,21 \text{ (IVA)} = 2497477,75 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- Calculo de la amortización:

$$Amortización = \frac{Presupuesto}{Ahorro anual} = \frac{5444209,15 \text{ €}}{2497477,75 \text{ €/año}} = 2,2 \text{ años}$$

En relación con la viabilidad económica del parking reservable, no se ha llevado a cabo ya que el proyecto final de reservas de plazas públicas automatizada variarán según los criterios del proyectista.



## 10- Normativa

- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión (REBT) e instrucciones técnicas complementarias, de 18 de septiembre de 2002.
- Guía técnica de aplicación: Reglamento electrotécnico para baja tensión; aspectos generales.
- Normativa DIN IEC 60929.
- Real decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos.
- Real decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Real decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

## 11- Conclusiones

Una vez realizado el trabajo hemos podido extraer una serie de conclusiones que engloban las 3 ideas realizadas en uno conjunto:

- Poder trabajar con un grupo de trabajo nos ha permitido poder ampliar un proyecto que de haber sido individual hubiera sido mucho más escueto. Por lo tanto, hemos podido trabajar en 3 ideas diferentes pero trabajando en uno común, permitiéndonos ayudarnos entre nosotros, poder trabajar conjuntamente compartiendo conocimientos y haciéndonos partícipes de cada uno de las ideas.
- Gracias a la elaboración de este trabajo final de grado, hemos podido aumentar nuestros conocimientos tanto de programación como en nuevas tecnologías.
- En cuanto al estudio energético hemos profundizado nuestros conocimientos sobre instalaciones eléctricas y gestión energética de ciudades, además de trabajar con una energía de la cual no teníamos muchos conocimientos como es la cogeneración. Esta tecnología es una tecnología innovadora, segura y limpia, lo más importante independiente de las industrias eléctricas.
- Para la elaboración de la propuesta de iluminación inteligente, hemos tenido que aprender programación en sistema Arduino y cómo funciona su electrónica. A demás reafirmar nuestros conocimientos sobre electrónica de potencia.
- En cuanto la propuesta de parking reservable, tuvimos que profundizar nuestros conocimientos de programación de PLC adquiridos en la universidad, aprender como programar una pantalla HMI y aumentar nuestros conocimientos sobre comunicaciones entre PLC y pantallas.

- Para englobar todo el proyecto, podríamos destacar que hemos tenido la suerte de elaborar un proyecto muy amplio en cuanto a ámbitos de estudio. Nuestro proyecto cuenta con conocimientos de instalaciones eléctricas y energías, electrónica y programación del sistema Arduino y programación industrial PLC junto con pantallas táctiles HMI. Por lo tanto, hemos podido adquirir muchos conocimientos de diferentes ámbitos y nos ha permitido seguir creciendo como estudiantes.
- Para finalizar destacar que hemos cumplido los objetivos establecidos al comienzo del proyecto. Por una parte conocer la carga eléctrica y térmica de la Smart City y proponer una solución energética. Por otra parte conseguir que una luminaria pública vaya aumentando o disminuyendo progresivamente según un usuario se acerca o aleja del foco del sensor. Para finalizar, realizar una propuesta de parking reservable público que delimite un tiempo de utilización, que disponga de un registro en el sistema y que el sistema se comuniquen con el usuario de una forma sencilla.

## 12- Bibliografía

- **Documentación**

Celdrán Gomáriz, Pancrancio (2004). Diccionario de topónimos españoles y sus gentilicios (5ª edición). Madrid: Espasa Calpe. p. 859.

Variaciones de los Municipios de España desde 1842. Ministerio de Administraciones Públicas. Secretaría General Técnica. 2008. p. 53. Consultado el 7 de febrero de 2011.

Pere Anton Bolet Secall, La Festa Major de Vilafranca: Orígens i evolució durant l'últim segle.

Documento Básico HE. Ahorro de energía, sección HE 4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Documento Básico HS. Salubridad, sección HS 4. Suministro de agua.

Ahorro y eficiencia energética en climatización. Guía técnica. Agua caliente sanitaria. IDAE.

- **Apuntes UPC**

Tema 2, de la asignatura de sistemas electrónicos. UPC – Departamento de Ingeniería Eléctrica. Campus EPSVG.

Manual IEAI. Instalaciones Eléctricas y Automatización Industrial. UPC – Departamento de Ingeniería Eléctrica. Campus EPSVG.

- **Consultas vía telemática**

[www.socinfo.es/](http://www.socinfo.es/)

[www.idae.es](http://www.idae.es)

[www.elperiodico.com](http://www.elperiodico.com)

[www.endesa.com](http://www.endesa.com)

[www.vilafranca.org/html/infoiactualitat/mas\\_rabassa.html](http://www.vilafranca.org/html/infoiactualitat/mas_rabassa.html)

[www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com)

[www.smartcity.bcn.cat](http://www.smartcity.bcn.cat)

[www.lediagroup.com](http://www.lediagroup.com)

[www.tecnocarreteras.es](http://www.tecnocarreteras.es)

[www.volkswagenonlineteam.es](http://www.volkswagenonlineteam.es)

<http://www.gasnaturalfenosa.es>

<http://www.bosch-industrial.com/es/pagina-de-producto/equipos-de-cogeneracion/modulos-de-cogeneracion.html>

<http://ecoforest.es/espanol/index.php>

<http://www.voltimum.es/articulo/tecnologia-dali-interface-iluminacion-direccionable-digitalmente>

<http://www.schreder.com/ess-es/productos/pages/CITEA.aspx>

[http://www.diotronic.com/semiconductores/transistores/darlington\\_p\\_989.aspx](http://www.diotronic.com/semiconductores/transistores/darlington_p_989.aspx)

<https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardUno>

[www.industrial.omron.es](http://www.industrial.omron.es)

[www.omron.es](http://www.omron.es)

[www.westermo.com](http://www.westermo.com)

## 13- Agradecimientos

No podemos finalizar nuestro proyecto final de grado sin tener en consideración personas y empresas ajenas a los 3 integrantes del proyecto que de los cuales, sin ellos no habiéramos podido seguir adelante con el proyecto

- Primeramente, agradecer la dedicación y esfuerzo a nuestro director de proyecto Josep Font i Mateu. Sin sus indicaciones y consejos no habiéramos podido seguir adelante con nuestro proyecto.
- No podemos olvidarnos del Arquitecto del proyecto Smart City “Mas Rabassa”. Después de la conversación que tuvimos con él, poco después de empezar el proyecto, nos dio una visión de todo lo que quería hacer y de lo que había pensado para la Smart City y nos motivó para seguir adelante con nuestras ideas.
- Agradecer a la Srta. Sandra Serra Calderón por contactar con la empresa “Schröder” y proporcionarnos una luminaria LED pública para poder trabajar en nuestra propuesta de iluminación inteligente.
- Agradecer a la Srta. Jennifer Gil Cortés que fue la que nos dio la oportunidad de poder explicar nuestra idea de proyecto a la empresa “Conerefringent Optics SL”.
- Por otra parte agradecer al Sr. Ferran Gonzalez Ferran de la empresa BOSCH por proporcionarnos catálogos y documentación fiables de los módulos de cogeneración
- Finalmente agradecer a la empresa “Comercial Automatismos & Neumática S.L” por proporcionarnos el material necesario para elaborar nuestra propuesta de parking reservable. De los integrantes de esta empresa, no nos podemos olvidar del Sr. José Bernardino César, sin sus indicaciones no habiéramos podido llegar a nuestro objetivo de parking reservable.

## ANEXOS